

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年4月13日(13.04.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/058381 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/033303

(22) 国際出願日: 2022年9月5日(05.09.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2021-165000 2021年10月6日(06.10.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 川島 崇功 (KAWASHIMA Takanori); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 矢作 和行, 外 (YAHAGI Kazuyuki et al.); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧ビル6階 Aichi (JP).

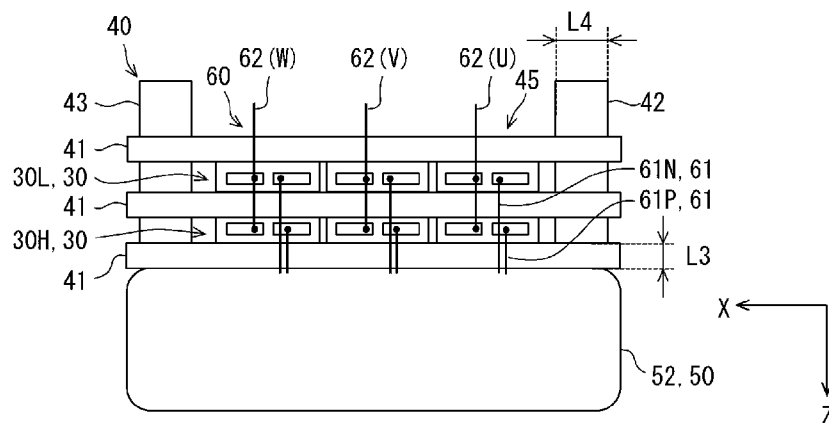
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置

[図15]



(57) Abstract: A plurality of semiconductor modules (30) include an upper arm module (30H) and a lower arm module (30L) disposed in line with the upper arm module in the lamination direction. Heat exchange units (41) of a cooler (40) are disposed in multiple stages in the lamination direction so as to cool the upper arm module and the lower arm module from both surface sides, and form a laminate (45) together with the semiconductor module. A capacitor module (50) is disposed on one end side of the laminate in the lamination direction. A power supply bus bar (61) for electrically connecting the capacitor module and the semiconductor module extends in the lamination direction so as to straddle at least one of the heat exchange units.

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：複数の半導体モジュール（30）は、上アームモジュール（30H）と、上アームモジュールと積層方向に並んで配置された下アームモジュール（30L）を含む。冷却器（40）の熱交換部（41）は、積層方向において上アームモジュールおよび下アームモジュールのそれぞれを両面側から冷却するように多段に配置され、半導体モジュールとともに積層体（45）をなしている。コンデンサモジュール（50）は、積層方向において積層体の一端側に配置されている。コンデンサモジュールと半導体モジュールとを電氣的に接続する電源バスバー（61）は、熱交換部の少なくともひとつを跨ぐように積層方向に延びている。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

関連出願の相互参照

[0001] この出願は、2021年10月6日に日本に出願された特許出願第2021-165000号を基礎としており、基礎の出願の内容を、全体的に、参照により援用している。

技術分野

[0002] この明細書における開示は、電力変換装置に関する。

背景技術

[0003] 特許文献1は、電力変換装置を開示している。この電力変換装置は、複数の半導体モジュールと、冷却器と、コンデンサと、複数のバスバーを備えている。冷却器は、半導体モジュールのそれぞれを両面側から挟むように多段に配置された複数の熱交換部を有している。複数のバスバーは、コンデンサと半導体モジュールとを電氣的に接続する電源バスバーを含んでいる。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-295997号公報

発明の概要

[0005] 特許文献1では、半導体モジュールのそれぞれが、一相分の上下アーム回路を構成している。このような半導体モジュールは、内部に上アームを構成する半導体素子と下アームを構成する半導体素子を有しており、これら半導体素子は積層方向に直交する一方向に並んで配置されている。このため、半導体モジュール内においてPN電流ループが大きくなる。また、コンデンサが、半導体モジュールと熱交換部との積層体に対して、積層方向に直交する一方向に配置されている。半導体モジュールとコンデンサとの間には、熱交

換部に対して冷媒を導入または排出するパイプが配置されている。このため、冷却器のパイプを跨いで電源バスバーを配策しなければならず、電源バスバーが長くなる。上記した観点において、または言及されていない他の観点において、電力変換装置にはさらなる改良が求められている。

[0006] 開示されるひとつの目的は、インダクタンスを低減できる電力変換装置を提供することにある。

[0007] ここに開示された電力変換装置は、

上下アーム回路の上アームを構成する上アームモジュールと、上下アーム回路の下アームを構成し、上アームモジュールと積層方向に並んで配置された下アームモジュールと、を含む複数の半導体モジュールと、

積層方向において上アームモジュールおよび下アームモジュールのそれぞれを両面側から冷却するように多段に配置され、複数の半導体モジュールとともに積層体をなす複数の熱交換部を有する冷却器と、

積層方向において積層体の一端側に配置されたコンデンサと、

コンデンサと半導体モジュールとを電氣的に接続し、熱交換部の少なくともひとつを跨ぐように積層方向に延びた電源バスバーを含む複数のバスバーと、を備える。

[0008] 開示された電力変換装置によれば、複数の半導体モジュールを上アームモジュールと下アームモジュールとに分けるとともに、上アームモジュールと下アームモジュールとを積層方向に並ぶ配置としている。これにより、PN電流ループを小さくすることができる。また、コンデンサを積層体に対して積層方向に配置し、電源バスバーを熱交換部の少なくともひとつを跨ぐように積層方向に延設している。これにより、電源バスバー長、つまり電流経路を短くすることができる。この結果、インダクタンスを低減できる電力変換装置を提供することができる。

[0009] この明細書における開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに異なる技術的手段を採用する。請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態の部分との対応関係を例示的に示

すものである。技術的範囲を限定することを意図するものではない。この明細書に開示される目的、特徴、および効果は、後続の詳細な説明、および添付の図面を参照することによってより明確になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態に係る電力変換装置の回路構成および駆動システムを示す図である。

[図2]電力変換装置を示す斜視図である。

[図3]反対側から見た斜視図である。

[図4]分解斜視図である。

[図5]ケース内の構造を示す斜視図である。

[図6]半導体モジュールを示す斜視図である。

[図7]半導体素子、基板の表面金属体、および主端子の配置を示す平面図である。

[図8]積層体を示す平面図である。

[図9]半導体モジュール、冷却器、およびコンデンサの配置を示す平面図である。

[図10]図9のX-X線に沿う断面図である。

[図11]積層体とバスバーの配置を示す平面図である。

[図12]負極バスバーの延設部を接続する前の状態を示す斜視図である。

[図13]負極バスバーの延設部を接続した後の状態を示す斜視図である。

[図14]P N電流ループを示す図である。

[図15]電源バスバー長の短縮を示す図である。

[図16]電流経路を示す図である。

[図17]電流経路を示す図である。

[図18]第2実施形態に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図19]半導体モジュールを示す斜視図である。

[図20]第3実施形態に係る電力変換装置において、積層体とバスバーの配置を示す平面図である。

[図21]負極バスバーの延設部を接続する前の状態を示す斜視図である。

[図22]負極バスバーの延設部を接続した後の状態を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面に基づいて複数の実施形態を説明する。なお、各実施形態において対応する構成要素には同一の符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。また、各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合わせることができる。

[0012] 本実施形態の電力変換装置は、たとえば、回転電機を駆動源とする移動体に適用される。移動体は、たとえば、電気自動車（BEV）、ハイブリッド自動車（HEV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）などの電動車両、ドローンなどの飛行体、船舶、建設機械、農業機械である。以下では、車両に適用される例について説明する。

[0013] （第1実施形態）

まず、図1に基づき、車両の駆動システムの概略構成について説明する。

[0014] <車両の駆動システム>

図1に示すように、車両の駆動システム1は、直流電源2と、モータジェネレータ3と、電力変換装置4を備えている。

[0015] 直流電源2は、充放電可能な二次電池で構成された直流電圧源である。二次電池は、たとえばリチウムイオン電池、ニッケル水素電池である。モータジェネレータ3は、三相交流方式の回転電機である。モータジェネレータ3は、車両の走行駆動源、つまり電動機として機能する。モータジェネレータ3は、回生時に発電機として機能する。電力変換装置4は、直流電源2とモータジェネレータ3との間で電力変換を行う。

[0016] <電力変換装置の回路構成>

図 1 は、電力変換装置 4 の回路構成を示している。電力変換装置 4 は、電力変換回路を備えている。本実施形態の電力変換装置 4 は、平滑コンデンサ 5 と、電力変換回路であるインバータ 6 と、駆動回路 7 を備えている。

[0017] 平滑コンデンサ 5 は、主として、直流電源 2 から供給される直流電圧を平滑化する。平滑コンデンサ 5 は、高電位側の電源ラインである P ライン 8 と低電位側の電源ラインである N ライン 9 とに接続されている。P ライン 8 は直流電源 2 の正極に接続され、N ライン 9 は直流電源 2 の負極に接続されている。平滑コンデンサ 5 の正極は、直流電源 2 とインバータ 6 との間において、P ライン 8 に接続されている。平滑コンデンサ 5 の負極は、直流電源 2 とインバータ 6 との間において、N ライン 9 に接続されている。平滑コンデンサ 5 は、直流電源 2 に並列に接続されている。

[0018] インバータ 6 は、DC-AC 変換回路である。インバータ 6 は、図示しない制御回路によるスイッチング制御にしたがって、直流電圧を三相交流電圧に変換し、モータジェネレータ 3 へ出力する。これにより、モータジェネレータ 3 は、所定のトルクを発生するように駆動する。インバータ 6 は、車両の回生制動時、車輪からの回転力を受けてモータジェネレータ 3 が発電した三相交流電圧を、制御回路によるスイッチング制御にしたがって直流電圧に変換し、P ライン 8 へ出力する。このように、インバータ 6 は、直流電源 2 とモータジェネレータ 3 との間で双方向の電力変換を行う。

[0019] インバータ 6 は、三相分の上下アーム回路 10 を備えて構成されている。上下アーム回路 10 は、レグと称されることがある。上下アーム回路 10 は、上アーム 10H と、下アーム 10L をそれぞれ有している。以下では、上アーム 10H、下アーム 10L を単にアーム 10H、10L と示すことがある。上アーム 10H および下アーム 10L は、上アーム 10H を P ライン 8 側として、P ライン 8 と N ライン 9 との間で直列接続されている。上アーム 10H と下アーム 10L との接続点は、出力ライン 11 を介して、モータジェネレータ 3 における対応する相の巻線 3a に接続されている。インバータ 6 は、6 つのアーム 10H、10L を有している。各アーム 10H、10L

は、スイッチング素子を備えて構成されている。

[0020] 本実施形態では、各アーム10H、10Lを構成するスイッチング素子として、nチャネル型の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ12（以下、IGBT12と示す）を採用している。IGBTは、Insulated Gate Bipolar Transistorの略称である。IGBT12のそれぞれには、還流用のダイオード13（以下、FWD13と示す）が逆並列に接続されている。

[0021] 上アーム10Hにおいて、IGBT12のコレクタが、Pライン8に接続されている。下アーム10Lにおいて、IGBT12のエミッタが、Nライン9に接続されている。そして、上アーム10HにおけるIGBT12のエミッタと、下アーム10LにおけるIGBT12のコレクタが相互に接続されている。FWD13のアノードは対応するIGBT12のエミッタに接続され、カソードはコレクタに接続されている。

[0022] なお、スイッチング素子は、IGBT12に限定されない。たとえばMOSFETを採用してもよい。MOSFETは、Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistorの略称である。MOSFETの場合、還流用のダイオードとして寄生ダイオード（ボディダイオード）を用いてもよいし、外付けのダイオードを用いてもよい。

[0023] 駆動回路7は、インバータ6などの電力変換回路を構成するスイッチング素子を駆動する。駆動回路7は、制御回路の駆動指令に基づいて、対応するアーム10H、10LのIGBT12のゲートに駆動電圧を供給する。駆動回路は、駆動電圧の印加により、対応するIGBT12を駆動、すなわちオン駆動、オフ駆動させる。駆動回路は、ドライバと称されることがある。

[0024] 電力変換装置4は、スイッチング素子の制御回路を備えてもよい。制御回路は、IGBT12を動作させるための駆動指令を生成し、駆動回路7に出力する。制御回路は、たとえば図示しない上位ECUから入力されるトルク要求、各種センサにて検出された信号に基づいて、駆動指令を生成する。ECUは、Electronic Control Unitの略称である。制御回路は、上位ECU内に設けてもよい。

[0025] 各種センサとして、たとえば電流センサ、回転角センサ、電圧センサがある。電力変換装置4は、センサの少なくともひとつを備えてもよい。電流センサは、各相の巻線3aに流れる相電流を検出する。回転角センサは、モータジェネレータ3の回転子の回転角を検出する。電圧センサは、平滑コンデンサ5の両端電圧を検出する。制御回路は、たとえばプロセッサおよびメモリを備えて構成されている。制御回路は、駆動指令として、たとえばPWM信号を出力する。PWMは、Pulse Width Modulationの略称である。

[0026] 電力変換装置4は、電力変換回路として、コンバータを備えてもよい。コンバータは、直流電圧を異なる値の直流電圧に変換するDC-DC変換回路である。コンバータは、直流電源2と平滑コンデンサ5との間に設けられる。コンバータは、たとえばリアクトルと、上記した上下アーム回路10を備えて構成される。この構成によれば、昇降圧が可能である。電力変換装置4は、直流電源2からの電源ノイズを除去するフィルタコンデンサを備えてもよい。フィルタコンデンサは、直流電源2とコンバータとの間に設けられる。

[0027] <電力変換装置の構造>

図2は、電力変換装置4を示している。図3は、図2に対して反転した図である。図4は、分解斜視図である。図5は、ケース20内の構造を示している。図5は、図2に対してケース20を省略している。図2～図5では、内部を透過させて図示している。

[0028] 図2～図5に示すように、電力変換装置4は、ケース20と、複数の半導体モジュール30と、冷却器40と、コンデンサモジュール50と、バスバー60と、回路基板70などを備えている。

[0029] 以下において、半導体モジュール30と冷却器40の熱交換部41との積層方向をZ方向とする。Z方向に直交し、同じアーム側の半導体モジュール30の並び方向をX方向とする。Z方向およびX方向の両方向に直交する方向をY方向とする。X方向、Y方向、およびZ方向は、互いに直交する位置関係にある。

[0030] <ケース>

ケース２０は、電力変換装置４を構成する他の要素を収容する。ケース２０は、たとえばアルミダイカストによる成形体である。図２～図４に示すように、本実施形態のケース２０は、一面が開口する箱状をなしている。ケース２０は、Ｙ方向において一面が開口している。ケース２０は、底壁２１と、側壁２２を有している。底壁２１は平面略矩形状をなしている。側壁２２は、底壁２１に連なり、底壁２１からＹ方向に延びている。側壁２２は、底壁２１の外周端の四辺のそれぞれに連なっている。側壁２２は、Ｙ方向の平面視において略矩形環状をなしている。ケース２０は、４つの側壁２２を有している。

[0031] ケース２０は、側壁２２のひとつに貫通孔２３、２４を有している。貫通孔２３、２４には、冷却器４０のパイプ４２、４３が挿通される。貫通孔２３、２４は、側壁２２において内外を貫通し、内面と外面とに開口している。ケース２０は、コネクタ７１、８０を電力変換装置４の外部と電氣的に接続可能とするために、図示しない開口部を有している。ケース２０は、コネクタ７１用の開口部と、コネクタ８０用の開口部を有している。開口部は、たとえば側壁２２に設けられた貫通孔または切り欠きである。

[0032] 電力変換装置４は、ケース２０とともに、ケース２０の一面側開口を閉塞するカバー（蓋）を備えてもよい。ケース２０およびカバーは、筐体と称されることがある。カバーを備えない構成において、ケース２０内にポッティング樹脂などの充填材を配置することで、ケース２０内に収容した要素を液密に封止してもよい。カバーを備える構成において、ケース２０とカバーとの対向部分、貫通孔２３、２４の壁面とパイプ４２、４３との対向部分、コネクタ７１、８０のハウジングと開口部の壁面との対向部分にシール材を配置することで、筐体の内部を液密に封止してもよい。

[0033] <半導体モジュール>

図６は、半導体モジュール３０を示している。図６では、一例として、上アームモジュール３０Ｈを示している。図７は、半導体モジュール３０にお

いて、半導体素子 3 2、基板 3 3、3 4 の表面金属体 3 3 2、3 4 2、主端子 3 5 の配置を示している。図 7 では、配置を分かりやすくするために、基板 3 3 に対して基板 3 4 を 1 8 0 反転させて図示し、基板 3 3、3 4 の表面金属体 3 3 2、3 4 2 を同一平面に示している。

[0034] 複数の半導体モジュール 3 0 は、上記した上下アーム回路 1 0、つまりインバータ 6（電力変換回路）を構成する。複数の半導体モジュール 3 0 は、上アーム 1 0 H を構成する上アームモジュール 3 0 H と、下アーム 1 0 L を構成する下アームモジュール 3 0 L を含んでいる。

[0035] 本実施形態では、ひとつの半導体モジュール 3 0 がひとつのアーム 1 0 H、1 0 L を構成する。図 4 などに示すように、複数の半導体モジュール 3 0 は、三相分の上アーム 1 0 H を構成する 3 つの上アームモジュール 3 0 H と、三相分の下アーム 1 0 L を構成する 3 つの下アームモジュール 3 0 L を含んでいる。また、すべての半導体モジュール 3 0 が、互いに共通の構造を有している。図 6 および図 7 に示すように、各半導体モジュール 3 0 は、封止体 3 1 と、半導体素子 3 2 と、基板 3 3、3 4 と、主端子 3 5 と、信号端子 3 6 を備えている。

[0036] 封止体 3 1 は、半導体モジュール 3 0 を構成する他の要素の一部を封止している。他の要素の残りの部分は、封止体 3 1 の外に露出している。封止体 3 1 は、たとえば樹脂を材料とする。封止体 3 1 は、たとえばエポキシ系樹脂を材料としてトランスファモールディング法により成形されている。封止体 3 1 は、たとえばゲルを用いて形成されてもよい。ゲルは、たとえば一對の基板 3 3、3 4 の対向領域に充填（配置）される。

[0037] 半導体素子 3 2 は、シリコン（S i）、シリコンよりもバンドギャップが広いワイドバンドギャップ半導体などを材料とする半導体基板に、スイッチング素子が形成されてなる。スイッチング素子は、半導体基板の板厚方向に主電流を流すように縦型構造をなしている。ワイドバンドギャップ半導体としては、たとえばシリコンカーバイド（S i C）、窒化ガリウム（G a N）、酸化ガリウム（G a 2 O 3）、ダイヤモンドがある。半導体素子 3 2 は、

パワー素子、半導体チップなどと称されることがある。

[0038] 本実施形態の半導体素子 32 は、Si を材料とする半導体基板に、上記した n チャネル型の IGBT 12 および FWD 13、つまり RC (Reverse Conducting) - IGBT が形成されてなる。IGBT 12 は、半導体素子 32 (半導体基板) の板厚方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。半導体素子 32 は、自身の板厚方向の両面に、スイッチング素子の主電極を有している。具体的には、主電極として、表面にエミッタ電極 32E を有し、裏面にコレクタ電極 32C を有している。エミッタ電極 32E は、表面の一部に形成されている。コレクタ電極 32C は、裏面のほぼ全域に形成されている。図 7 では、コレクタ電極 32C およびエミッタ電極 32E を破線で示している。

[0039] 主電流は、コレクタ電極 32C とエミッタ電極 32E との間に流れる。半導体素子 32 は、エミッタ電極 32E の形成面に、信号用の電極である図示しないパッドを有している。半導体素子 32 は、その板厚方向が Z 方向に略平行となるように配置されている。本実施形態の半導体モジュール 30 は、ひとつの半導体素子 32 を備えている。

[0040] 基板 33、34 は、半導体素子 32 の板厚方向、つまり Z 方向において、半導体素子 32 を挟むように配置されている。基板 33、34 は、Z 方向において互いに少なくとも一部が対向するように配置されている。基板 33、34 は、Z 方向の平面視においてひとつのアーム 10H、10L を構成する半導体素子 32 のすべてを内包している。

[0041] 基板 33、34 は、半導体素子 32 に電氣的に接続されている。基板 33 は、半導体素子 32 に対して、コレクタ電極 32C 側に配置されている。基板 34 は、半導体素子 32 に対して、エミッタ電極 32E 側に配置されている。基板 33 は、コレクタ電極 32C に電氣的に接続され、配線機能を提供する。同様に、基板 34 は、エミッタ電極 32E に電氣的に接続され、配線機能を提供する。基板 33、34 は、半導体素子 32 の生じた熱を放熱する放熱機能を提供する。

- [0042] 基板 3 3 は、絶縁基材 3 3 1 と、表面金属体 3 3 2 と、裏面金属体 3 3 3 を有している。表面金属体 3 3 2 は、絶縁基材 3 3 1 において半導体素子 3 2 側の面である表面に配置されている。裏面金属体 3 3 3 は、絶縁基材 3 3 1 の裏面に配置されている。基板 3 4 は、絶縁基材 3 4 1 と、表面金属体 3 4 2 と、裏面金属体 3 4 3 を有している。表面金属体 3 4 2 は、絶縁基材 3 4 1 において半導体素子 3 2 側の面である表面に配置されている。裏面金属体 3 4 3 は、絶縁基材 3 4 1 の裏面に配置されている。基板 3 3、3 4 は、絶縁基材と金属体の積層基板である。以下では、表面金属体 3 3 2、3 4 2、裏面金属体 3 3 3、3 4 3 を、単に金属体 3 3 2、3 3 3、3 4 2、3 4 3 と称することがある。
- [0043] 絶縁基材 3 3 1 は、金属体 3 3 2、3 3 3 を電氣的に分離している。同様に、絶縁基材 3 4 1 は、金属体 3 4 2、3 4 3 を電氣的に分離している。絶縁基材 3 3 1、3 4 1 の主たる材料は、樹脂、または、無機材料のセラミックである。絶縁基材 3 3 1、3 4 1 の材料構成は、互いに共通（同一）でもよいし、互いに異なってもよい。
- [0044] 金属体 3 3 2、3 3 3、3 4 2、3 4 3 は、たとえば金属板または金属箔として提供される。金属体 3 3 2、3 3 3、3 4 2、3 4 3 は、Cu や Al などの導電性、熱伝導性が良好な金属を材料として形成されている。表面金属体 3 3 2、3 4 2 は、配線、つまり回路を提供する。
- [0045] 本実施形態の表面金属体 3 3 2、3 4 2 は、パターンニングされている。図 7 に示すように、表面金属体 3 3 2 は、配線機能を提供する配線部 3 3 4 と、配線機能を提供しないダミー配線部 3 3 5 を有している。配線部 3 3 4 は、半導体素子 3 2 のコレクタ電極 3 2 C と対応する主端子 3 5（コレクタ端子 3 5 C）とを電氣的に接続している。配線部 3 3 4 は、平面略 L 字状をなしており、平面略矩形状の基部 3 3 4 a と、基部の一辺から Y 方向に延びる凸部 3 3 4 b を有している。配線部 3 3 4 の基部 3 3 4 a にコレクタ電極 3 2 C が接続され、凸部 3 3 4 b にコレクタ端子 3 5 C が接続されている。
- [0046] ダミー配線部 3 3 5 は、配線部 3 3 4 に対して電氣的に分離されている。

ダミー配線部 335 は、X 方向において配線部 334 の凸部 334b と並ぶように設けられている。ダミー配線部 335 には、主端子 35 であるエミッタ端子 35E が接続されている。ダミー配線部 335 は、エミッタ端子 35E を支持している。

[0047] 表面金属体 342 は、表面金属体 332 と同様に、配線機能を提供する配線部 344 と、配線機能を提供しないダミー配線部 345 を有している。配線部 344 は、半導体素子 32 のエミッタ電極 32E と対応する主端子 35（エミッタ端子 35E）とを電氣的に接続している。配線部 344 は、平面略 L 字状をなしており、平面略矩形状の基部 344a と、基部の一辺から Y 方向に延びる凸部 344b を有している。配線部 344 の基部 344a にエミッタ電極 32E が接続され、凸部 344b にエミッタ端子 35E が接続されている。

[0048] ダミー配線部 345 は、配線部 344 に対して電氣的に分離されている。ダミー配線部 345 は、X 方向において配線部 344 の凸部 344b と並ぶように設けられている。ダミー配線部 345 には、主端子 35 であるコレクタ端子 35C が接続されている。ダミー配線部 335 は、コレクタ端子 35C を支持している。

[0049] 表面金属体 332 と表面金属体 342 とは、Z 方向からの平面視において左右反転した配置となっている。X 方向において、凸部 334b とダミー配線部 335 との並びが、凸部 344b とダミー配線部 345 との並びとは逆の配置となっている。

[0050] 裏面金属体 333、343 は、絶縁基材 331、341 により、半導体素子 32 および表面金属体 332、342 を含む回路とは電氣的に分離されている。半導体素子 32 の生じた熱は、表面金属体 332、342 および絶縁基材 331、341 を介して裏面金属体 333、343 に伝わる。裏面金属体 333、343 は、放熱機能を提供する。裏面金属体 333、343 は、平面視において対応する表面金属体 332、342 とほぼ一致するようにパターンニングしてもよいし、表面金属体 332、342 とは異なるパターンと

してもよい。絶縁基材 331、341 にほぼ一致するいわゆるベタパターンとしてもよい。本実施形態では、裏面金属体 333 のパターンが表面金属体 332 とほぼ一致し、裏面金属体 343 のパターンが表面金属体 342 とほぼ一致している。

[0051] 放熱効果をさらに高めるために、裏面金属体 333、343 の少なくともひつつは、封止体 31 から露出してもよい。本実施形態では、裏面金属体 333 が封止体 31 の一面から露出し、裏面金属体 343 が封止体 31 の裏面から露出している。

[0052] なお、半導体素子 32 の主電極と主端子 35 とを電氣的に接続する配線部材は、上記した基板 33、34 に限定されない。たとえば金属板であるヒートシンクを採用してもよい。ヒートシンクは、上記した放熱機能も提供する。ヒートシンクは、たとえば主端子 35 や信号端子 36 などとともにリードフレームの一部として提供される。ヒートシンクを封止体 31 から露出させる場合、冷却器 40 の熱交換部 41 との間にセラミック板などの絶縁部材を配置することで、ヒートシンクと熱交換部 41 とを電氣的に分離することができる。

[0053] 主端子 35 は、半導体素子 32 の主電極に電氣的に接続された外部接続端子である。主端子 35 は、コレクタ電極 32C に電氣的に接続されたコレクタ端子 35C と、エミッタ電極 32E に電氣的に接続されたエミッタ端子 35E を含んでいる。コレクタ端子 35C は、表面金属体 332 の配線部 334 を介して、コレクタ電極 32C に接続されている。エミッタ端子 35E は、表面金属体 342 の配線部 344 を介して、エミッタ電極 32E に接続されている。エミッタ端子 35E が、半導体素子 32 の表面（エミッタ電極 32E）に接続された第 1 主端子に相当する。コレクタ端子 35C が、半導体素子 32 の裏面（コレクタ電極 32C）に接続された第 2 主端子に相当する。

[0054] 各主端子 35 は、Y 方向に延設され、封止体 31 の内外にわたって配置された部分を有している。各主端子 35 は、Y 方向において封止体 31 の側面

のひとつから外部に突出している。コレクタ端子 35 C の突出部分とエミッタ端子 35 E の突出部分は、X 方向に並んでいる。主端子 35 の突出部分は、Y 方向に延びる部分のみを有してもよいし、途中で屈曲してもよい。

[0055] 図 6 に示すように、本実施形態の突出部分は、屈曲部 35 1 と、根元部 35 2 と、先端部 35 3 をそれぞれ有している。根元部 35 2 は、突出部分において、封止体 31 から屈曲部 35 1 までの部分である。根元部 35 2 の板厚方向は Z 方向に略平行であり、根元部 35 2 は Y 方向に延びている。先端部 35 3 は、屈曲部 35 1 から突出先端までの部分である。先端部 35 3 の板厚方向は Y 方向に略平行であり、先端部 35 3 は Z 方向に延びている。主端子 35 の突出部分は、屈曲部 35 1 にて略 90 度の角度で折れ曲がり、Y Z 平面において略 L 字状をなしている。

[0056] 根元部 35 2 の延設長さ L1 は、先端部 35 3 の延設長さ L2 よりも短くてもよいし、長くてもよい。延設長さ L1、L2 が互いに等しくてもよい。本実施形態では、根元部 35 2 の延設長さ L1 が先端部 35 3 の延設長さ L2 よりも短い。つまり、主端子 35 の突出部分は、封止体 31 の近傍で屈曲している。

[0057] 先端部 35 3 は、Z 方向においてコンデンサモジュール 50 に対して近づく方向に延びてもよいし、遠ざかる方向に延びてもよい。共通の半導体モジュール 30 において、コレクタ端子 35 C の先端部 35 3 とエミッタ端子 35 E の先端部 35 3 とが同じ方向に延びてもよいし、互いに反対向きに延びてもよい。本実施形態では、コレクタ端子 35 C の先端部 35 3 とエミッタ端子 35 E の先端部 35 3 とが、同じ方向に延びている。

[0058] 信号端子 36 は、半導体素子 32 のパッドに電氣的に接続された外部接続端子である。信号端子 36 は、Y 方向に延び、封止体 31 において主端子 35 が突出する側面とは反対の面から外部に突出している。

[0059] 信号端子 36 とパッドとの接続形態は特に限定されない。ボンディングワイヤを用いて接続してもよい。ボンディングワイヤを用いる場合、基板 34 と半導体素子 32 のエミッタ電極 32 E との間に導電スペーサを介在するこ

とで、ボンディングワイヤの高さを確保してもよい。ボンディングワイヤに代えて、他の配線部材を用いてもよい。はんだなどの接合材を介して接続してもよい。

[0060] <冷却器>

図8は、半導体モジュール30と冷却器40の配置を示している。図8では、便宜上、主端子35の構造を簡素化して図示している。図9は、半導体モジュール30、冷却器40、およびコンデンサモジュール50の配置を示す平面図である。図9では、便宜上、ケース20を断面で示すとともに、バスター60などの要素を省略して図示している。

[0061] 冷却器40は、熱伝導性に優れた金属材料、たとえばアルミニウム系の材料を用いて形成されている。図4、図8、図9などに示すように、冷却器40は、熱交換部41と、導入用のパイプ42と、排出用のパイプ43を備えている。

[0062] 熱交換部41は、全体として扁平形状の管状体となっている。熱交換部41は、たとえば一对のプレート（金属製薄板）を用いて内部に流路を有するように構成されている。一对のプレートの少なくとも一方を、プレス加工によってZ方向に膨らんだ形状に加工する。その後、一对のプレートの外周縁部同士を、かしめなどによって固定するとともに、ろう付けなどによって全周で互いに接合する。これにより、一对のプレート間に冷媒が流通可能な流路が形成され、熱交換部41として用いることが可能となる。

[0063] 熱交換部41は、半導体モジュール30のそれぞれを両面側から冷却するようにZ方向に多段に配置されている。熱交換部41は、Z方向において半導体モジュール30を挟んでいる。熱交換部41は、半導体モジュール30とともに積層体45を構成している。

[0064] パイプ42、43のそれぞれは、ケース20の内外にわたって配置されている。パイプ42、43のそれぞれは、ひとつの部材により構成されてもよいし、複数の部材を連結してなる構成としてもよい。パイプ42、43は、熱交換部41のそれぞれに連結されている。図示しないポンプによって冷媒

をパイプ42に供給することにより、多段に配置された熱交換部41それぞれの流路に冷媒が流れる。これにより、半導体モジュール30のそれぞれが冷却される。熱交換部41のそれぞれを流れた冷媒は、パイプ43を介して排出される。冷媒としては、水やアンモニアなどの相変化する冷媒や、エチレングリコール系などの相変化しない冷媒を用いることができる。

[0065] <複数の半導体モジュールの配置>

図8などに示すように、積層体45において、半導体モジュール30と熱交換部41とは交互に配置されている。積層体45の両端には、熱交換部41が配置されている。積層体45において、熱交換部41は、Z方向に3段配置されている。ここで、コンデンサモジュール50にもっとも近い熱交換部41を1段目、真ん中の熱交換部41を2段目、コンデンサモジュール50からもっと離れた熱交換部41を3段目とする。

[0066] 積層体45において、1段目の熱交換部41と2段目の熱交換部41の間には、上アームモジュール30Hが配置されている。三相分の上アーム10Hを構成する3つの上アームモジュール30Hが、互いに向きを同じにしてX方向に並んでいる。3つの上アームモジュール30Hは、U相、V相、W相の順に並んでいる。上アームモジュール30Hそれぞれのコレクタ端子35Cは、コンデンサ素子52の正極に電氣的に接続されるP端子として機能する。P端子は、正極端子、高電位電源端子などと称されることがある。上アームモジュール30Hそれぞれのエミッタ端子35Eは、モータジェネレータ3の対応する相の巻線3aに電氣的に接続されるO端子として機能する。O端子は、出力端子、交流端子などと称されることがある。

[0067] 積層体45において、2段目の熱交換部41と3段目の熱交換部41の間には、下アームモジュール30Lが配置されている。三相分の下アーム10Lを構成する3つの下アームモジュール30Lが、互いに向きを同じにしてX方向に並んでいる。3つの下アームモジュール30Lは、上アームモジュール30Hと同じ順に並んでいる。下アームモジュール30Lそれぞれのコレクタ端子35Cは、O端子として機能する。下アームモジュール30L

それぞれのエミッタ端子 35E は、コンデンサ素子 52 の負極に電氣的に接続される N 端子として機能する。N 端子は、負極端子、低電位電源端子などと称されることがある。

[0068] 上記したように、上アームモジュール 30H がコンデンサモジュール 50 に対して近い側、下アームモジュール 30L がコンデンサモジュール 50 に対して遠い側に配置されている。下アームモジュール 30L が第 1 半導体モジュールに相当し、上アームモジュール 30H が第 2 半導体モジュールに相当する。各半導体モジュール 30 は互いに共通の構造である。Z 方向において、同じ相の上アームモジュール 30H と下アームモジュール 30L とが、熱交換部 41 を介して対向配置されている。同じ相の上アームモジュール 30H のコレクタ端子 35C と、下アームモジュール 30L のエミッタ端子 35E とが対向配置されている。

[0069] 積層体 45 は、加圧部材 46 によって Z 方向に押圧されている。加圧部材 46 により、半導体モジュール 30 と熱交換部 41 とが熱伝導良好に保持されている。上記したように、本実施形態では基板 33、34 を採用しているため、半導体モジュール 30 と熱交換部 41 とを電氣的に分離するための絶縁部材を配置しなくてもよい。半導体モジュール 30 と熱交換部 41 とは直接的に接触してもよいし、半導体モジュール 30 と熱交換部 41 との間に熱伝導ゲルなどの熱伝導性部材が介在してもよい。

[0070] 一例として、本実施形態の加圧部材 46 は、加圧プレート 461 と、弾性部材 462 と、ボルト 463 を有している。加圧プレート 461 は、Z 方向においてコンデンサモジュール 50 との間に積層体 45 が位置するように配置されている。弾性部材 462 は、たとえばゴムなどの弾性変形により加圧力を発生するものや金属製のばねである。弾性部材 462 は、加圧プレート 461 と 3 段目の熱交換部 41 との間に配置されている。加圧プレート 461 は、積層体 45 との間に弾性部材 462 を保持した状態で、ボルト 463 によってコンデンサモジュール 50 のケース 51 に固定されている。

[0071] 図 4 に示すように、加圧プレート 461 は Z 方向の平面視において略矩形

状をなしており、その四隅にボルト463用の貫通孔464を有している。加圧プレート461は、四隅に配置されたボルト463によってケース51に固定されている。加圧プレート461の固定により弾性部材462が弾性変形し、その反力により積層体45をケース51に押し付けている。積層体45は、加圧プレート461とケース51との間で、押圧状態で保持されている。

[0072] <コンデンサモジュール>

図4、図5、図9に示すように、コンデンサモジュール50は、ケース51と、コンデンサ素子52を備えている。コンデンサモジュール50（コンデンサ素子52）が、コンデンサに相当する。ケース51は、樹脂材料や金属材料を用いて形成されており、一面が開口する箱状をなしている。ケース51は、Y方向において一面が開口している。ケース51は、ケース20の開口とは反対側に開口している。ケース51は、X方向を長手方向、Z方向を短手方向とする平面略矩形状をなしている。

[0073] コンデンサ素子52は、ケース51内に收容（配置）されている。コンデンサ素子52は、上記した平滑コンデンサ5を構成する。コンデンサ素子52としては、たとえばフィルムコンデンサ素子を採用することができる。コンデンサ素子52の数は特に限定されない。ひとつのみでもよいし、複数でもよい。一例として、本実施形態のコンデンサモジュール50は、6つのコンデンサ素子52を備えている。6つのコンデンサ素子52は、Z方向に2行、X方向に3列で配置されている。6つのコンデンサ素子52は、その全体で略直方体状をなしている。各コンデンサ素子52は、Y方向の両端に図示しない金属電極を有している。各コンデンサ素子52において、正極側の金属電極はケース51の底壁側の端部である底面に設けられ、負極側の金属電極はケース51の開口側の端部である上面に設けられている。

[0074] コンデンサモジュール50は、図示しない封止体を備えてもよい。封止体は、ケース51内に充填されてコンデンサ素子52を封止する。コンデンサモジュール50は、図示しない端子を備えてもよい。端子は、たとえば、コ

ンデンサ素子 52 の金属電極に接続された板状の金属部材である。

[0075] 図 5 および図 9 などに示すように、コンデンサモジュール 50 は、Z 方向において積層体 45 の一端側に配置されている。Z 方向の平面視において、コンデンサモジュール 50 は、積層体 45 と重なるように配置されている。

[0076] <バスバー>

図 10 は、図 9 の X-X 線に対応する断面図である。図 10 では、便宜上、積層体 45、コンデンサ素子 52、バスバー 60、および回路基板 70 のみを図示している。図 11 は、各バスバー 60 の配置を示す平面図である。図 11 は、図 8 に対応している。図 12 は負極バスバー 61N の延設部 67 を配置する前の状態を示し、図 13 は延設部 67 を配置した状態を示している。図 12 および図 13 では、便宜上、正極バスバー 61P の延設部 65 および負極バスバー 61N の延設部 68 を省略している。

[0077] バスバー 60 は、半導体モジュール 30 に電氣的に接続された配線部材である。バスバー 60 は、板状の金属部材である。バスバー 60 は、はんだ接合、抵抗溶接、レーザ溶接などにより、対応する主端子 35 に接続されている。図 4、図 10、図 11 などに示すように、バスバー 60 は、電源バスバー 61 と、出力バスバー 62 を備えている。

[0078] 電源バスバー 61 は、半導体モジュール 30 とコンデンサ素子 52 とを電氣的に接続している。電源バスバー 61 は、正極バスバー 61P と、負極バスバー 61N を含んでいる。正極バスバー 61P は、上アームモジュール 30H のコレクタ端子 35C (P 端子) のそれぞれと、コンデンサ素子 52 の正極とを電氣的に接続している。正極バスバー 61P は、P バスバー、高電位電源バスバーなどと称されることがある。正極バスバー 61P は、上記した P ライン 8 の少なくとも一部を構成している。正極バスバー 61P が、第 2 電源バスバーに相当する。

[0079] 正極バスバー 61P は、基部 63 と、延設部 64、65 を有している。基部 63 は、コンデンサ素子 52 の正極に接続されている。基部 63 は、ケース 51 内に配置され、ケース 51 の底壁および Z 方向における 2 つの側壁と

対向する部分を含んでいる。基部63は、略直方体状をなすコンデンサ素子52の全体に対して、3つの面と対向している。基部63は、底面对向部631と、側面对向部632、633と、折曲部634を有している。

[0080] 底面对向部631は、コンデンサ素子52の底面と対向している。側面对向部632は、積層体45側でコンデンサ素子52の側面と対向している。側面对向部633は、Z方向において側面对向部632とは反対側でコンデンサ素子52の側面と対向している。折曲部634は、側面对向部632に対して略90度の角度で折り曲げられている。折曲部634は、側面对向部632に連なり、側面对向部632からZ方向であって積層体45側に延びている。折曲部634は、ケース51の外に配置されている。

[0081] 延設部64は、基部63の折曲部634に連なり、Z方向に延びている。延設部64の幅は、基部63の幅よりも狭い。正極バスバー61Pは、各相に対応する3つの延設部64を有している。3つの延設部64は、共通の折曲部634から互いに同一方向に延びている。3つの延設部64は、X方向に並んでいる。延設部64の板厚方向は、Y方向に略平行である。延設部64の板面は、上アームモジュール30Hのコレクタ端子35Cの先端部353の板面と対向している。そして、板面同士が対向する箇所において、延設部64と上アームモジュール30Hのコレクタ端子35Cとが接続されている。延設部64のそれぞれは、1段目の熱交換部41をZ方向に跨いでいる（横切っている）。

[0082] 延設部65は、延設部64とは反対側で、基部63に連なっている。延設部65は、基部63から延設部64とは逆向きに延びている。延設部65の幅は、基部63の幅よりも狭い。延設部65は、直流電源2と接続するためのコネクタ80を構成している。延設部65は、コネクタ80の正極端子である。上記した構成の正極バスバー61Pは、たとえば一枚の金属板を加工することで形成されてもよいし、複数の部材を接続（接合）することで形成されてもよい。

[0083] 負極バスバー61Nは、下アームモジュール30Lのエミッタ端子35E

(N端子)のそれぞれと、コンデンサ素子52の負極とを電氣的に接続している。負極バスバー61Nは、Nバスバー、低電位電源バスバーなどと称されることがある。負極バスバー61Nは、Nライン9の少なくとも一部を構成している。負極バスバー61Nが、第1電源バスバーに相当する。

[0084] 負極バスバー61Nは、基部66と、延設部67、68を有している。基部66は、コンデンサ素子52の負極に接続されている。基部66の少なくとも一部は、ケース51の外に配置されている。基部66は、被覆部661と、対向部662を有している。被覆部661は、Y方向の平面視において、略直方体状をなすコンデンサ素子52の全体を覆うように配置されている。被覆部661は、コンデンサ素子52の上面と対向し、負極に接続されている。対向部662は、被覆部661に連なり、Z方向において積層体45側に延びている。対向部662は、Z方向の平面視において正極バスバー61Pの折曲部634とほぼ一致するように配置されている。対向部662の板厚方向は、Y方向に略平行である。X方向において、対向部662の幅は、被覆部661の幅よりも狭い。対向部662と正極バスバー61Pの折曲部634とは、板面同士が離間して対向している。

[0085] 延設部67は、基部66の対向部662に接続（接合）されている。延設部67は、基部66とは別に設けられ、接続により一体化されている。延設部67は、基部66に連なり、Z方向において積層体45側に延びる部分を含んでいる。延設部67の板厚方向は、Y方向に略平行である。延設部67の板面は、下アームモジュール30Lのエミッタ端子35Eの先端部353の板面と対向している。そして、板面同士が対向する箇所において、延設部67と下アームモジュール30Lのエミッタ端子35Eとが接続されている。延設部67は、主端子35の突出部分、正極バスバー61Pの延設部64の少なくとも一部、および出力バスバー62の少なくとも一部を覆うように配置されている。延設部67は、1段目の熱交換部41および2段目の熱交換部41をZ方向に跨いでいる（横切っている）。

[0086] 図11および図13などに示すように、延設部67は、スリット671と

、並走部 672 と、対向部 673 と、接続部 674 を有している。スリット 671 は、Y 方向の平面視において上アームモジュール 30H と下アームモジュール 30L との間に設けられている。スリット 671 は、上アームモジュール 30H のコレクタ端子 35C と下アームモジュール 30L のエミッタ端子 35E との間に設けられている。スリット 671 は、切り欠きと称されることがある。延設部 67 は、三相分のスリット 671 を有している。3つのスリット 671 は、X 方向に並んで設けられている。

[0087] 並走部 672 は、X 方向においてスリット 671 に隣接する部分を有している。並走部 672 は、スリット 671 を規定している。並走部 672 の少なくとも一部は、出力バスバー 62 と並走している。並走部 672 と出力バスバー 62 とは、板面同士が離間して対向している。並走部 672 は Z 方向に延び、その延設方向において出力バスバー 62 との対向関係を維持している。延設部 67 は、三相分の並走部 672 を有している。3つの並走部 672 は、X 方向に並んで設けられている。

[0088] 対向部 673 は、Z 方向においてコンデンサモジュール 50 側でスリットに隣接する部分を有している。対向部 673 は、スリット 671 を規定している。対向部 673 は、並走部 672 から X 方向に延びている。対向部 673 と正極バスバー 61P の延設部 64 のそれぞれとは、板面同士が離間して対向している。対向部 673 は、たとえば延設部 64 の全長において延設部 64 との対向関係を維持している。

[0089] 接続部 674 は、Z 方向において対向部 673 とは反対側でスリット 671 に隣接している。接続部 674 は、スリット 671 を規定している。接続部 674 は、並走部 672 から X 方向に延びている。接続部 674 の板面は、下アームモジュール 30L のエミッタ端子 35E の先端部 353 の板面と対向している。そして、板面同士が対向する箇所において、接続部 674 と下アームモジュール 30L のエミッタ端子 35E とが接続されている。

[0090] 図 5 などに示すように、延設部 68 は、延設部 67 とは反対側で、基部 66 に連なっている。延設部 68 は、基部 66 から延設部 67 とは逆向きに延

びている。延設部 68 の幅は、基部 66 の幅よりも狭い。延設部 68 は、X 方向において正極バスバー 61 P の延設部 65 と並んでいる。延設部 68 は、コネクタ 80 を構成している。延設部 68 は、コネクタ 80 の負極端子である。コネクタ 80 は、延設部 65、68 およびケース 51 の一部分を備えて構成されている。コネクタ 80 は、入力端子台と称されることがある。

[0091] 出力バスバー 62 は、上アームモジュール 30 H のエミッタ端子 35 E と下アームモジュール 30 L のコレクタ端子 35 C とを電氣的に接続している。出力バスバー 62 は、Z 方向においてコンデンサモジュール 50 から遠ざかる側に延びる部分を有している。出力バスバー 62 の板面は、上アームモジュール 30 H のエミッタ端子 35 E の先端部 353 の板面、および、下アームモジュール 30 L のコレクタ端子 35 C の先端部 353 の板面と対向している。そして、板面同士が対向する箇所において、出力バスバー 62 と先端部 353 のそれぞれとが接続されている。

[0092] バスバー 60 は、三相分の出力バスバー 62 を備えている。U 相の出力バスバー 62 (U) と並走部 672 のひとつとの板面同士が対向している。V 相の出力バスバー 62 (V) と並走部 672 の他のひとつとの板面同士が対向している。W 相の出力バスバー 62 (W) と並走部 672 の他のひとつとの板面同士が対向している。出力バスバー 62 のそれぞれは、2 段目の熱交換部 41 および 3 段目の熱交換部 41 を Z 方向に跨いでいる (横切っている)。出力バスバー 62 それぞれの一端は、モータジェネレータ 3 との接続が可能なように、ケース 20 の開口から外部に突出している。

[0093] 出力バスバー 62 の途中には、電流センサ 81 が設けられている。電流センサ 81 は、出力バスバー 62 に対して個別に設けられている。電流センサ 81 は、相電流を検出する。電流センサ 81 は、ケース 20 内に配置されている。

[0094] 上記したように、負極バスバー 61 N の延設部 67 は、基部 66 とは別に設けられている。このため、バスバー 60 の接続 (接合) においては、まず図 12 に示すように、Z 方向において下層側のバスバー 60 を対応する主端

子 3 5 に接続する。具体的には、正極バスバー 6 1 P の延設部 6 4 を上アームモジュール 3 0 H のコレクタ端子 3 5 C (P) に接続し、出力バスバー 6 2 を上アームモジュール 3 0 H のエミッタ端子 3 5 E (O) と下アームモジュール 3 0 L のコレクタ端子 3 5 C (O) とに接続する。

[0095] 次いで、図 1 3 に示すように、Z 方向において上層側のバスバー 6 0 を対応する主端子 3 5 に接続する。具体的には、負極バスバー 6 1 N の延設部 6 7 を基部 6 6 に接続するとともに、下アームモジュール 3 0 L のエミッタ端子 3 5 E (N) に接続する。これにより、負極バスバー 6 1 N と正極バスバー 6 1 P との並走構造、および、負極バスバー 6 1 N と出力バスバー 6 2 との並走構造を実現することができる。

[0096] <回路基板>

回路基板 7 0 は、樹脂などの絶縁基材に配線が配置された配線基板と、配線基板に実装された図示しない電子部品を備えている。配線および電子部品は、回路を構成している。回路基板 7 0 には、上記した駆動回路 7 が構成されている。

[0097] 回路基板 7 0 は、外部機器との接続のためにコネクタ 7 1 を備えている。コネクタ 7 1 は、樹脂などを用いて成形されたハウジングと、ハウジングに保持され、配線基板に実装された端子を備えている。便宜上、各図において端子を簡素化または省略して図示している。制御回路を電力変換装置 4 の外に設ける場合、コネクタ 7 1 を介して制御回路の駆動指令が入力される。制御回路を回路基板 7 0 に設ける場合、コネクタ 7 1 を介して上位 E C U からトルク要求が入力される。

[0098] 回路基板 7 0 は、Z 方向においてケース 2 0 の開口側に配置されている。回路基板 7 0 は、ケース 2 0 の底壁 2 1 との間にコンデンサモジュール 5 0 および積層体 4 5 が位置するように配置されている。回路基板 7 0 は、Y 方向の平面視において、コンデンサモジュール 5 0 および積層体 4 5 と重なるように配置されている。回路基板 7 0 には、積層体 4 5 が備える半導体モジュール 3 0 の信号端子 3 6 が挿入実装されている。なお、挿入実装に代えて

表面実装構造を採用してもよい。回路基板 70 は、出力バスバー 62 をケース 20 の外に突出させるための図示しない貫通孔を有している。

[0099] <第 1 実施形態のまとめ>

図 14 は、本実施形態における P N 電流ループを示している。主回路のインダクタンスを検討する上では、P 端子である上アームモジュール 30 H のコレクタ端子 35 C から、N 端子である下アームモジュール 30 L のエミッタ端子 35 E までの電流経路である P N 電流ループについて考慮する。電流経路のうち、上アームモジュール 30 H のコレクタ端子 35 C (P) からエミッタ端子 35 E (O) までを破線で示し、上アームモジュール 30 H のエミッタ端子 35 E (O) から下アームモジュール 30 L のエミッタ端子 35 E (N) までを実線で示している。実際は、上下アーム回路 10 を構成する上アームモジュール 30 H の半導体素子 32 と下アームモジュール 30 L の半導体素子 32 が同時にオンしないように、各半導体素子 32 が制御される。

[0100] 本実施形態によれば、図 8、図 14 などに示すように、複数の半導体モジュール 30 を上アームモジュール 30 H と下アームモジュール 30 L とに分けている。そして、上アームモジュール 30 H と下アームモジュール 30 L とを Z 方向（積層方向）に並ぶ配置としている。これにより、一相分の上下アーム回路をひとつのモジュールが提供する構成、上アームモジュールと下アームモジュールとが X 方向に並ぶ構成に較べて、P N 電流ループを小さくすることができる。P N 電流ループがより小さいと、逆向きに電流が流れる部材が互いに近づき、磁束の打ち消し効果が高まるため、インダクタンスを低減することができる。

[0101] 図 15 は、本実施形態における半導体モジュール 30、冷却器 40、およびコンデンサモジュール 50 の配置を示している。本実施形態では、図 15 に示すように、コンデンサモジュール 50 を積層体 45 に対して Z 方向に配置している。そして、電源バスバー 61 を、多段に配置された熱交換部 41 の少なくともひとつを跨ぐように Z 方向に延設している。熱交換部 41 の 1

段分の長さ L_3 は、パイプの直径に等しい長さ L_4 よりも十分短い。よって、コンデンサモジュールを X 方向において積層体の横に配置し、パイプのひとつを跨ぐように電源バスバーを X 方向に延設する構成に較べて、電源バスバー 61 の長さを短くすることができる。つまり、電流経路を短くすることができる。

[0102] 上記した PN 電流ループの縮小と電源バスバー長の短縮により、本実施形態の電力変換装置 4 は、インダクタンスを低減することができる。

[0103] 電源バスバー 61 である正極バスバー $61P$ および負極バスバー $61N$ と、出力バスバー 62 の配置は特に限定されない。図 16 は、平滑コンデンサ 5 およびインバータ 6 を含む主回路の電流経路を示している。図 9 、図 10 、図 16 などに示すように、本実施形態では、下アームモジュール $30L$ が、上アームモジュール $30H$ よりもコンデンサモジュール 50 から離れて配置されている。図 10 、図 11 、図 16 などに示すように、負極バスバー $61N$ および正極バスバー $61P$ は、互いに板面が対向して Z 方向に延びている。負極バスバー $61N$ および出力バスバー 62 は、互いに板面が対向して Z 方向に延びている。

[0104] このようにバスバー 60 同士を対向配置すると、磁束打消しの効果によりインダクタンスをさらに低減することができる。なお、本実施形態では、負極バスバー $61N$ が正極バスバー $61P$ および出力バスバー 62 と対向する例を示したが、これに限定されない。負極バスバー $61N$ が、正極バスバー $61P$ および出力バスバー 62 の少なくとも一方と対向するように配置してもよい。

[0105] 本実施形態では、三相の上下アーム回路 10 を構成する複数の上アームモジュール $30H$ が、 Z 方向に直交する X 方向に並んで配置されている。同様に、下アームモジュール $30L$ が、 X 方向に並んで配置されている。これにより、積層体 45 において、半導体モジュール 30 を 2 段配置とし、熱交換部 41 を 3 段配置とすることができる。よって、積層体 45 の Z 方向の体格を小型化することができる。また、すべての相において、 PN 電流ループの

縮小と電源バスバー長の短縮により、インダクタンスを低減することができる。さらには、対向配置によってインダクタンスをさらに低減することができる。つまり、体格の小型化とインダクタンスの低減を両立することができる。

[0106] 上アームモジュール30Hおよび下アームモジュール30Lは、コレクタ端子35Cとエミッタ端子35Eの並びが互いに同じとなるように配置されてもよい。本実施形態では、上アームモジュール30Hに対して半導体素子32の表裏面が反転するように下アームモジュール30Lを配置している。これにより、コレクタ端子35Cとエミッタ端子35Eの並びが互いに逆になっており、上アームモジュール30Hのエミッタ端子35Eと下アームモジュール30Lのコレクタ端子35Cとを出力バスバー62にて接続しやすい。つまり、バスバー60の配策を簡素化することができる。

[0107] 主端子35の突出部分の形状は特に限定されない。たとえば、突出部分の全体がY方向に延びる形状としてもよい。本実施形態では、複数の主端子35の突出部分が、屈曲部351をそれぞれ有している。そして、屈曲部よりも突出先端側の部分である先端部353の板面が、対応するバスバー60の板面と対向している。このように、屈曲部351を有することで、接合対象のバスバー60までの距離を短くし、インダクタンスをより低減することができる。また、溶接などの接続処理を行いやすい。特に本実施形態では、各主端子35の突出部分において、根元部352の長さL1が、先端部353の長さL2よりも短い。つまり、インダクタンスをより効果的に低減することができる。

[0108] 負極バスバー61Nの延設部67は、基部66に連続的に連なってもよい。本実施形態では、延設部67を基部66とは別に設け、接合により一体化している。これによれば、図12および図13に示したように、延設部67を接合する前に、下層である正極バスバー61Pおよび出力バスバー62を対応する主端子35に接合することができる。つまり、バスバー60と対応する主端子35との接合が容易となる。

[0109] 延設部 6 7 は、主端子 3 5、負極バスバー 6 1 N の延設部 6 4、および出力バスバー 6 2 それぞれの一部を一体的に覆うように、Y 方向の平面視においてたとえば略矩形状をなしてもよい。図 1 7 は、主回路の電流経路を示している。図 1 7 は、図 1 1 に対応している。図 1 7 では、一例として U 相の電流経路を示している。電流経路のうち、実線矢印は負極バスバー 6 1 N の延設部 6 7 における経路を示し、破線矢印は正極バスバー 6 1 P の延設部 6 4 から下アームモジュール 3 0 L のエミッタ端子 3 5 E (N) までの経路を示している。

[0110] 図 1 1、図 1 3、図 1 7 などに示すように、本実施形態の負極バスバー 6 1 N の延設部 6 7 は、スリット 6 7 1 と、並走部 6 7 2 と、対向部 6 7 3 と、接続部 6 7 4 を有している。このようにスリット 6 7 1 を設けることで、負極バスバー 6 1 N (延設部 6 7) における電流経路を制限している。具体的には、スリット 6 7 1 に沿って電流が流れる。このため、図 1 7 に示すように、電流経路における並走距離を長くすることができる。これにより、磁束打消しの効果を高め、インダクタンスをさらに低減することができる。また、スリット 6 7 1 が隣接するため、エミッタ端子 3 5 E (N) に接合すべく接続部 6 7 4 を延設部 6 7 の他の部分に対して曲げやすい。つまり、下アームモジュール 3 0 L のエミッタ端子 3 5 E と延設部 6 7 との接合が容易となる。

[0111] <変形例>

積層方向である Z 方向において、コンデンサモジュール 5 0 側に上アームモジュール 3 0 H を配置する例を示したが、これに限定されない。コンデンサモジュール 5 0 側に下アームモジュール 3 0 L を配置してもよい。この場合、上アームモジュール 3 0 H が第 1 半導体モジュールに相当し、上アームモジュール 3 0 H よりもコンデンサモジュール 5 0 に近い下アームモジュール 3 0 L が第 2 半導体モジュールに相当する。また、正極バスバー 6 1 P が第 1 電源バスバーに相当し、負極バスバー 6 1 N が第 2 電源バスバーに相当する。

[0112] 正極バスバー 61P を第 1 電源バスバーとする場合、正極バスバー 61P の延設部が、主端子 35 の突出部分、負極バスバー 61N の延設部分の少なくとも一部、および出力バスバー 62 の延設部分の少なくとも一部を覆う配置としてもよい。正極バスバー 61P の延設部を、基部に対して別に設けてもよい。正極バスバー 61P の延設部に、スリットなどを設けて並走距離を長くしてもよい。

[0113] 上アームモジュール 30H および下アームモジュール 30L のそれぞれを複数備える例を示したが、これに限定されない。たとえば三相分の半導体素子 32 を一体的に封止するように封止体 31 を共通化することで、三相分の上アーム 10H をひとつの上アームモジュール 30H により提供してもよい。同様に、三相分の下アーム 10L をひとつの下アームモジュール 30L により提供してもよい。

[0114] (第 2 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。先行実施形態では、ひとつの半導体素子 32 がひとつのアーム 10H、10L を構成していた。これに代えて、複数の半導体素子 32 が互いに並列接続されてひとつのアーム 10H、10L を構成してもよい。

[0115] 図 18 は、本実施形態に係る電力変換装置 4 の回路構成を示す図である。

図 19 は、半導体モジュール 30 を示す斜視図である。図 19 は、図 6 に対応しており、一例として上アームモジュール 30H を示している。

[0116] 図 18 に示すように、本実施形態の電力変換装置 4 において、インバータ 6 を構成する上下アーム回路 10 の各アーム 10H、10L は、2 つの IGBT 12 が並列接続されて構成されている。並列接続された 2 つの IGBT 12 は、ハイレベル、ローレベルが同じタイミングで切り替わるゲート駆動信号によって制御される。FWD 13 は、IGBT 12 のそれぞれに逆並列に接続されている。

[0117] 図 19 に示すように、半導体モジュール 30 は、2 つの半導体素子 32 を

備えている。各半導体素子 3 2 には、先行実施形態同様、RC-I G B T が形成されている。2つの半導体素子 3 2 は、X方向に並んで配置されている。2つの半導体素子 3 2 のコレクタ電極 3 2 C は、表面金属体 3 3 2（配線部 3 3 4）を介して、共通のコレクタ端子 3 5 C に電氣的に接続されている。2つの半導体素子 3 2 のエミッタ電極 3 2 E は、表面金属体 3 4 2（配線部 3 4 4）を介して、共通のエミッタ端子 3 5 E に電氣的に接続されている。

[0118] <第2実施形態のまとめ>

本実施形態の電力変換装置 4 は、半導体モジュール 3 0 が複数の半導体素子 3 2 を備える点を除けば、先行実施形態に示した電力変換装置 4 の構成と同様である。3段配置の熱交換部と2段配置の半導体モジュール 3 0 により積層体 4 5 が構成されている。上アームモジュール 3 0 H と下アームモジュール 3 0 L とは、Z方向に並んで配置されている。本実施形態の電力変換装置 4 には、先行実施形態およびその変形例に示した構成をいずれも適用できる。よって、本実施形態の電力変換装置 4 は、先行実施形態の電力変換装置 4 と同等の効果を奏することができる。

[0119] <変形例>

ひとつのアーム 1 0 H、1 0 L を構成するスイッチング素子の数は2つに限定されない。3つ以上でもよい。半導体モジュール 3 0 が備える半導体素子 3 2 の数も2つに限定されない。3つ以上でもよい。

[0120] （第3実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。第2実施形態では、ひとつのアーム 1 0 H、1 0 L の並列回路を、ひとつの半導体モジュール 3 0 により提供した。これに代えて、複数の半導体モジュール 3 0 により並列回路を提供してもよい。

[0121] 図 2 0 は、本実施形態に係る電力変換装置 4 において、積層体 4 5 とバスバー 6 0 の配置を示している。図 2 0 は、図 1 1 に対応している。図 2 1 は

負極バスバー 61 N の延設部 67 を配置する前の状態を示し、図 22 は延設部 67 を配置した状態を示している。図 21、図 22 は、図 12、図 13 に対応している。図 21 および図 22 では、便宜上、正極バスバー 61 P の延設部 65 および負極バスバー 61 N の延設部 68 を省略している。

[0122] 本実施形態において、各半導体モジュール 30 は、第 1 実施形態（図 6 および図 7 参照）と同様の構成を有している。つまり、ひとつの半導体モジュール 30 が、ひとつの半導体素子 32 を備えている。図示を省略するが、上下アーム回路 10 の各アーム 10H、10L は、3 つの IGBT 12 が並列接続されて構成されている。

[0123] 図 20～図 22 に示すように、積層体 45 は、6 段配置の半導体モジュール 30 と、7 段配置の熱交換部 41 を備えている。Z 方向においてコンデンサモジュール 50 に近い側の 3 つの半導体モジュール 30 が上アームモジュール 30H であり、遠い側の 3 つの半導体モジュール 30 が下アームモジュール 30L である。上アームモジュール 30H は、各段において U 相、V 相、W 相の順に X 方向に並んでいる。正極バスバー 61 P の延設部 64 は、Z 方向に延びて、対応する相の 3 つのコレクタ端子 35C (P) に電氣的に接続されている。

[0124] 下アームモジュール 30L も、各段において U 相、V 相、W 相の順に X 方向に並んでいる。出力バスバー 62 は、Z 方向に延びて対応する相の主端子 35、具体的には上アームモジュール 30H のエミッタ端子 35E (O) および下アームモジュール 30L のコレクタ端子 35C (O) に電氣的に接続されている。

[0125] 負極バスバー 61 N の延設部 67 は、先行実施形態同様、スリット 671、並走部 672、対向部 673、および接続部 674 を有している。スリット 671 は、各相において上アームモジュール 30H と下アームモジュール 30L の間に設けられている。スリット 671 は、コレクタ端子 35C (P) とエミッタ端子 35E (N) の間に設けられている。並走部 672 は、出力バスバー 62 と板面同士が対向するように、Z 方向の平面視において出力

バスバー 6 2 における主端子 3 5 の接続部分と重なるように設けられている。対向部 6 7 3 は、並走部 6 7 2 から X 方向に延び、正極バスバー 6 1 P の延設部 6 4 と重なるように設けられている。接続部 6 7 4 は、並走部 6 7 2 から X 方向に延び、下アームモジュール 3 0 L のエミッタ端子 3 5 E (N) に電氣的に接続されている。

[0126] このように、本実施形態では、バスバー 6 1 P、6 2 によって同一相の 3 つの上アームモジュール 3 0 H が並列接続されている。バスバー 6 1 N、6 2 によって同一相の 3 つの下アームモジュール 3 0 L が並列接続されている。

[0127] 図 2 1 および図 2 2 に示すように、本実施形態の延設部 6 7 も、基部 6 6 とは別に設けられている。バスバー 6 0 の接続（接合）においては、まず図 2 1 に示すように、Z 方向において下層側のバスバー 6 0 を対応する主端子 3 5 に接続する。具体的には、正極バスバー 6 1 P の延設部 6 4 を上アームモジュール 3 0 H のコレクタ端子 3 5 C (P) に接続し、出力バスバー 6 2 を上アームモジュール 3 0 H のエミッタ端子 3 5 E (O) と下アームモジュール 3 0 L のコレクタ端子 3 5 C (O) とに接続する。

[0128] 次に、図 2 2 に示すように、Z 方向において上層側のバスバー 6 0 を対応する主端子 3 5 に接続する。具体的には、負極バスバー 6 1 N の延設部 6 7 を基部 6 6 に接続するとともに、下アームモジュール 3 0 L のエミッタ端子 3 5 E (N) に接続する。これにより、負極バスバー 6 1 N と正極バスバー 6 1 P との並走構造、および、負極バスバー 6 1 N と出力バスバー 6 2 との並走構造を実現することができる。

[0129] <第 3 実施形態のまとめ>

本実施形態の電力変換装置 4 は、複数の半導体モジュール 3 0 がバスバー 6 0 により並列接続される点を除けば、第 1 実施形態に示した電力変換装置 4 の構成と同様である。たとえば本実施形態においても、複数の半導体モジュール 3 0 を上アームモジュール 3 0 H と下アームモジュール 3 0 L とに分け、上アームモジュール 3 0 H と下アームモジュール 3 0 L とを Z 方向に並

ぶ配置としている。これにより、PN電流ループを小さくすることができる。また、コンデンサモジュール50を積層体45に対してZ方向に配置している。そして、電源バスバー61を、多段に配置された熱交換部41の少なくともひとつを跨ぐようにZ方向に延設している。これにより、電源バスバー61の長さを短くすることができる。よって、インダクタンスを低減することができる。

[0130] 本実施形態に記載の構成は、第1実施形態およびその変形例のいずれの構成とも組み合わせが可能である。

[0131] <変形例>

ひとつのアーム10H、10Lを構成するスイッチング素子の数は3つに限定されない。2つでもよいし、4つ以上でもよい。半導体モジュール30の数は3つに限定されない。2つでもよいし、4つ以上でもよい。

[0132] (他の実施形態)

この明細書および図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば、開示は、実施形態において示された部品および／または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および／または要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および／または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものと解されるべきである。

[0133] 明細書および図面等における開示は、請求の範囲の記載によって限定されない。明細書および図面等における開示は、請求の範囲に記載された技術的思想を包含し、さらに請求の範囲に記載された技術的思想より多様で広範な技術的思想に及んでいる。よって、請求の範囲の記載に拘束されることなく

、明細書および図面等の開示から、多様な技術的思想を抽出することができる。

[0134] ある要素または層が「上にある」、「連結されている」、「接続されている」または「結合されている」と言及されている場合、それは、他の要素、または他の層に対して、直接的に上に、連結され、接続され、または結合されていることがあり、さらに、介在要素または介在層が存在していることがある。対照的に、ある要素が別の要素または層に「直接的に上に」、「直接的に連結されている」、「直接的に接続されている」または「直接的に結合されている」と言及されている場合、介在要素または介在層は存在しない。要素間の関係を説明するために使用される他の言葉は、同様のやり方で（例えば、「間に」対「直接的に間に」、「隣接する」対「直接的に隣接する」など）解釈されるべきである。この明細書で使用される場合、用語「および／または」は、関連する列挙されたひとつまたは複数の項目に関する任意の組み合わせ、およびすべての組み合わせを含む。

[0135] 空間的に相対的な用語「内」、「外」、「裏」、「下」、「低」、「上」、「高」などは、図示されているような、ひとつの要素または特徴の他の要素または特徴に対する関係を説明する記載を容易にするためにここでは利用されている。空間的に相対的な用語は、図面に描かれている向きに加えて、使用または操作中の装置の異なる向きを包含することを意図することができる。例えば、図中の装置をひっくり返すと、他の要素または特徴の「下」または「真下」として説明されている要素は、他の要素または特徴の「上」に向けられる。したがって、用語「下」は、上と下の両方の向きを包含することができる。この装置は、他の方向に向いていてもよく（90度または他の向きに回転されてもよい）、この明細書で使用される空間的に相対的な記述子はそれに応じて解釈される。

[0136] 車両の駆動システム1は、上記した構成に限定されない。たとえば、モータジェネレータ3をひとつ備える例を示したが、これに限定されない。複数のモータジェネレータを備えてもよい。

[0137] 電力変換装置 4 が、電力変換回路としてインバータ 6 を備える例を示したが、これに限定されない。たとえば、複数のインバータを備える構成としてもよい。少なくともひとつのインバータと、コンバータを備える構成としてもよい。コンバータのみを備えてもよい。

請求の範囲

[請求項1] 上下アーム回路（10）の上アーム（10H）を構成する上アームモジュール（30H）と、前記上下アーム回路の下アーム（10L）を構成し、前記上アームモジュールと積層方向に並んで配置された下アームモジュール（30L）と、を含む複数の半導体モジュール（30）と、

前記積層方向において前記上アームモジュールおよび前記下アームモジュールのそれぞれを両面側から冷却するように多段に配置され、複数の前記半導体モジュールとともに積層体（45）をなす複数の熱交換部（41）を有する冷却器（40）と、

前記積層方向において前記積層体の一端側に配置されたコンデンサ（50）と、

前記コンデンサと前記半導体モジュールとを電氣的に接続し、前記熱交換部の少なくともひとつを跨ぐように前記積層方向に延びた電源バスバー（61）を含む複数のバスバー（60）と、を備える電力変換装置。

[請求項2] 前記電源バスバーは、前記コンデンサの正極と前記上アームモジュールとを電氣的に接続する正極バスバー（61P）と、前記コンデンサの負極と前記下アームモジュールとを電氣的に接続する負極バスバー（61N）と、を含み、

複数の前記バスバーは、前記上アームモジュールと前記下アームモジュールとを電氣的に接続し、前記積層方向において前記コンデンサから遠ざかる側に延びる出力バスバー（62）を含む、請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記上アームモジュールおよび前記下アームモジュールの一方である第1半導体モジュールは、他方である第2半導体モジュールよりも、前記積層方向において前記コンデンサから離れており、

前記第1半導体モジュールに接続された前記電源バスバーである第

1 電源バスバーと、前記第2半導体モジュールに接続された前記電源バスバーである第2電源バスバーおよび前記出力バスバーの少なくとも一方とは、互いに板面が対向して前記積層方向に延びている、請求項2に記載の電力変換装置。

[請求項4] 複数の前記半導体モジュールは、半導体素子(32)と、前記半導体素子を封止する封止体(31)と、前記半導体素子に電氣的に接続され、前記封止体から外部に突出して対応する前記バスバーに接続された複数の主端子(35)と、をそれぞれ有し、

複数の前記主端子は、前記積層方向において前記半導体素子の表面に接続された第1主端子(35E)と、前記半導体素子の裏面に接続された第2主端子(35C)と、を含み、

共通の前記半導体モジュールにおいて、前記第1主端子の突出部分と前記第2主端子の突出部分とは、前記積層方向に直交する一方向に並んでいる、請求項3に記載の電力変換装置。

[請求項5] 複数の前記半導体モジュールは、多相の前記上下アーム回路を構成する複数の前記上アームモジュールおよび複数の前記下アームモジュールを含み、

複数の前記上アームモジュールおよび複数の前記下アームモジュールのそれぞれは、前記一方向に並んで配置されている、請求項4に記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記下アームモジュールは、前記上アームモジュールに対して前記半導体素子の表裏面が反転するように配置され、前記第1主端子と前記第2主端子との並びが前記上アームモジュールとは逆である、請求項4または請求項5に記載の電力変換装置。

[請求項7] 複数の前記主端子の突出部分は、屈曲部(351)をそれぞれ有し、

前記屈曲部よりも突出先端側の部分の板面が、対応する前記バスバーの板面と対向している、請求項4～6いずれか1項に記載の電力変

換装置。

[請求項8] 各主端子の突出部分において、前記封止体側の端部から前記屈曲部までの長さが、前記屈曲部から突出先端までの長さよりも短い、請求項7に記載の電力変換装置。

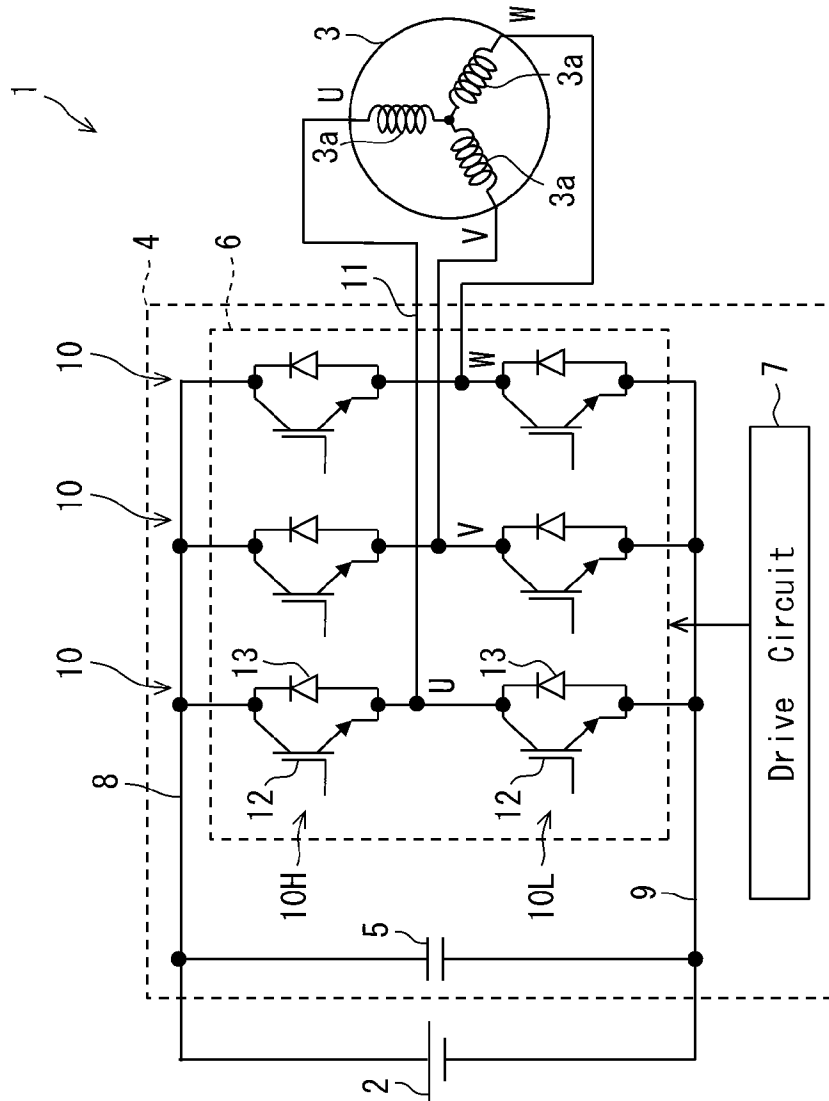
[請求項9] 前記第1電源バスバーは、前記コンデンサに接続された基部（66）と、前記基部に接続され、前記積層方向に延びる部分を含む延設部（67）と、を有し、

前記第1電源バスバーの延設部は、前記主端子の突出部分、前記第2電源バスバーにおける前記積層方向の延設部分の少なくとも一部、および前記出力バスバーにおける前記積層方向の延設部分の少なくとも一部を覆うように配置されている、請求項4～8いずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項10] 前記第1電源バスバーの延設部は、前記積層方向において前記上アームモジュールと前記下アームモジュールとの間に設けられたスリット（671）と、前記一方向において前記スリットに隣接し、前記出力バスバーにおける前記積層方向の延設部分と並走する並走部（672）と、前記積層方向において前記コンデンサ側で前記スリットに隣接し、前記並走部から前記一方向に延びて前記第2電源バスバーと対向する対向部（673）と、前記積層方向において前記対向部とは反対側で前記スリットに隣接し、前記並走部から前記一方向に延びて対応する前記主端子に接続された接続部（674）と、を有する、請求項9に記載の電力変換装置。

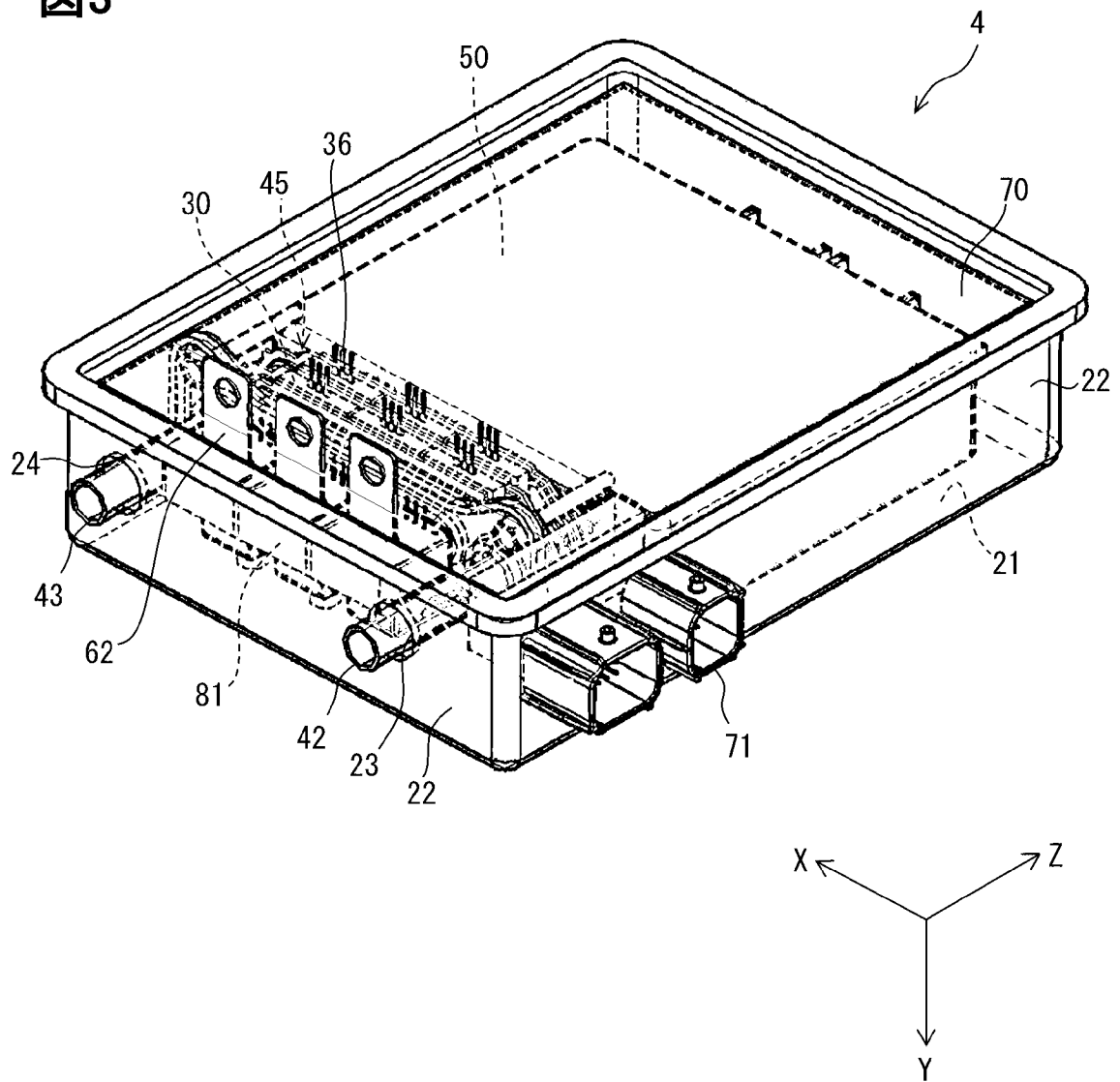
[図1]

図1



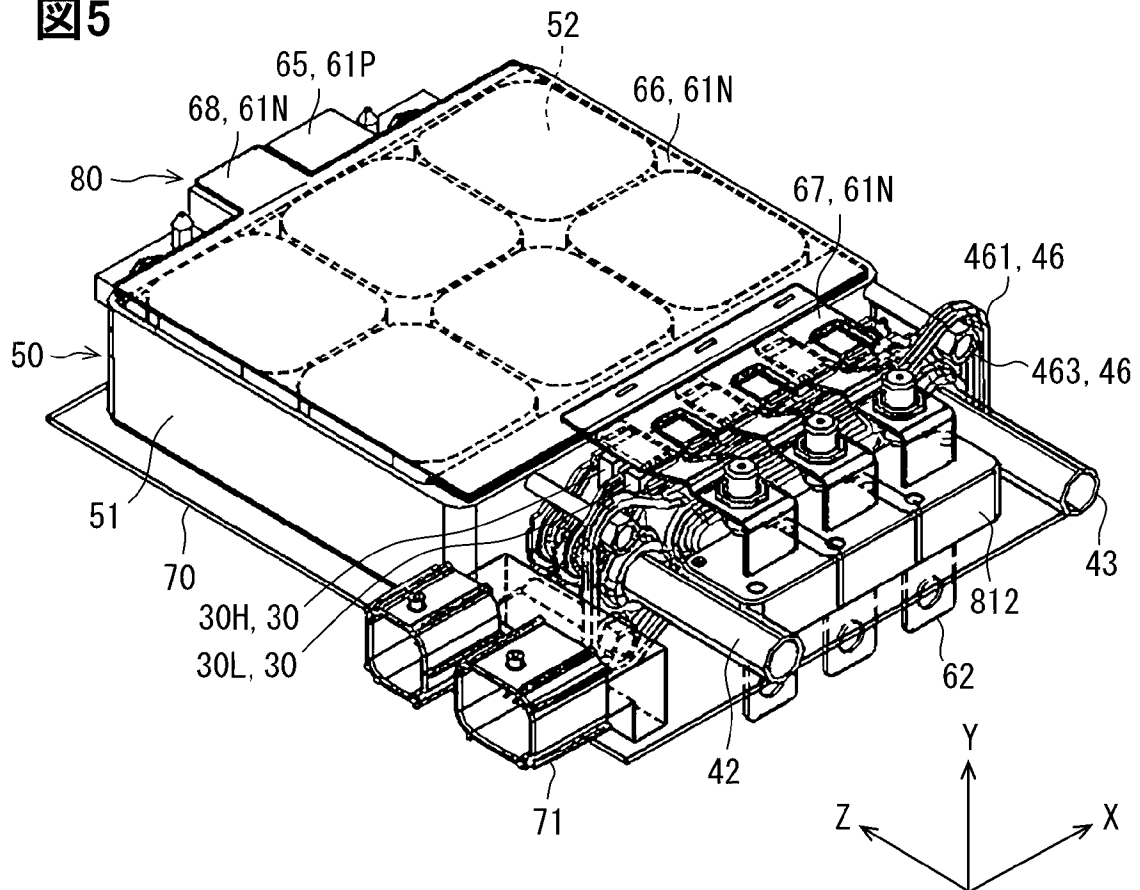
[図3]

図3



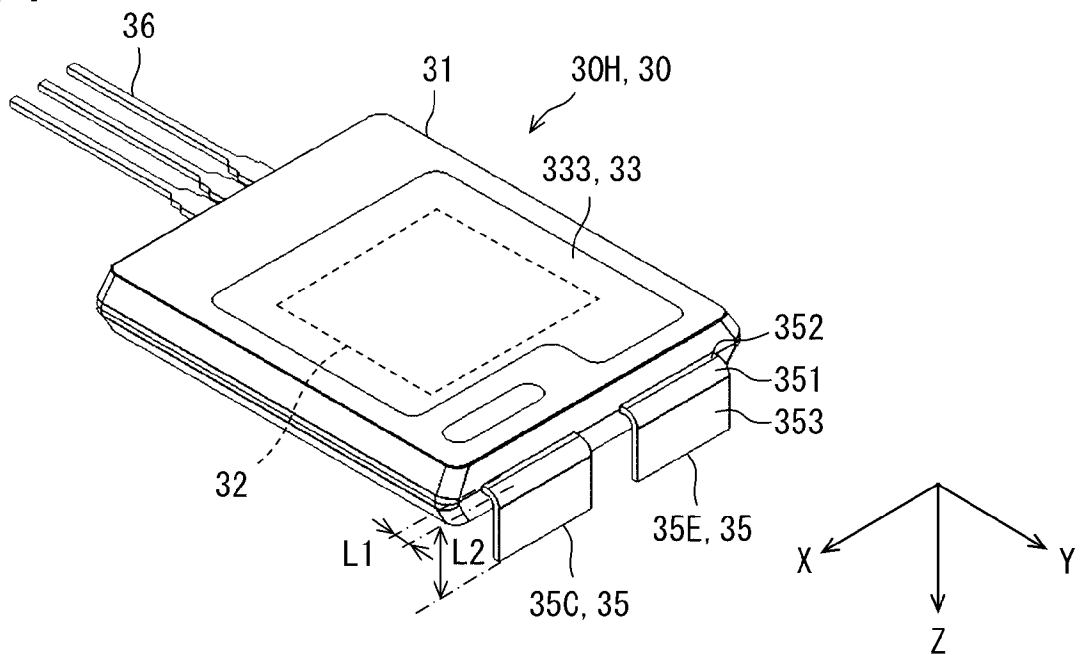
[図5]

図5



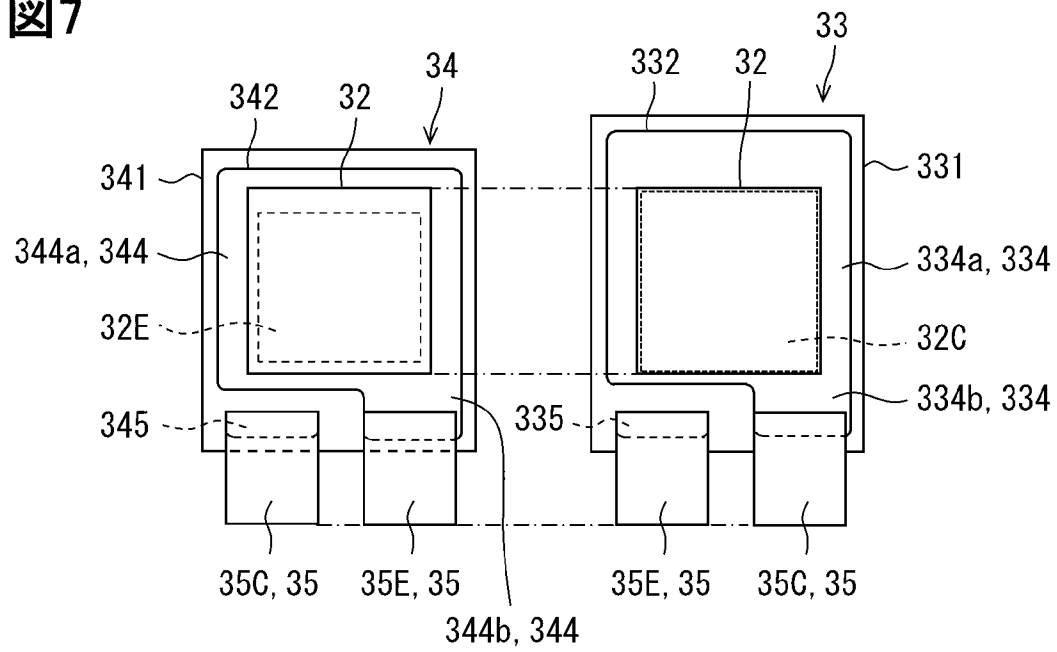
[図6]

図6



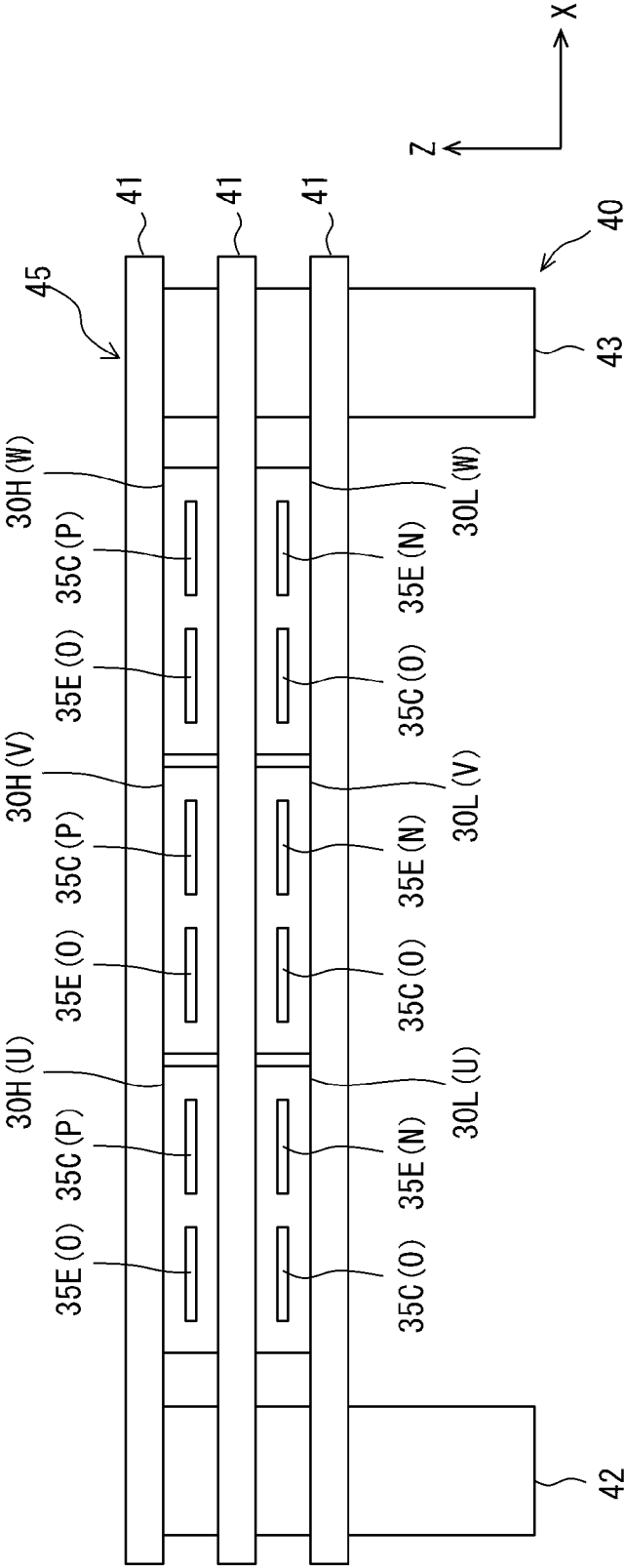
[図7]

図7

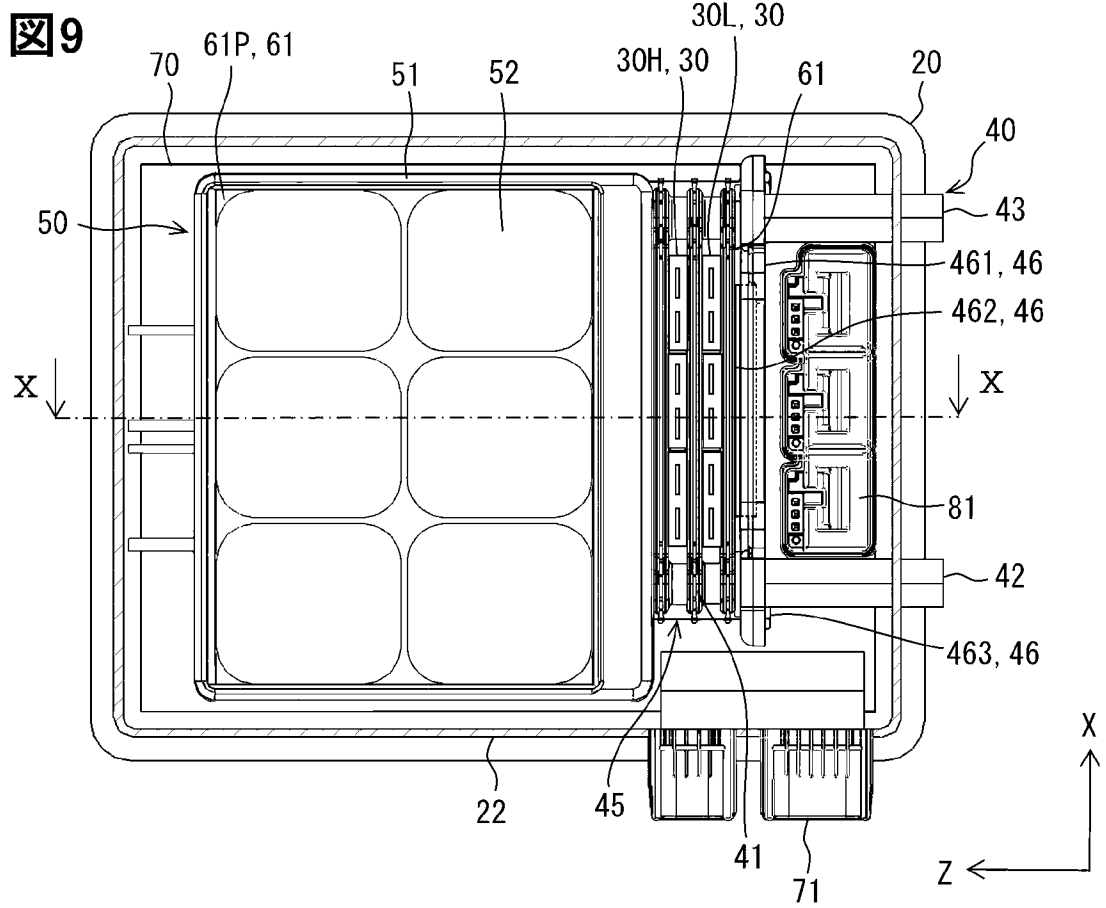


[図8]

図8

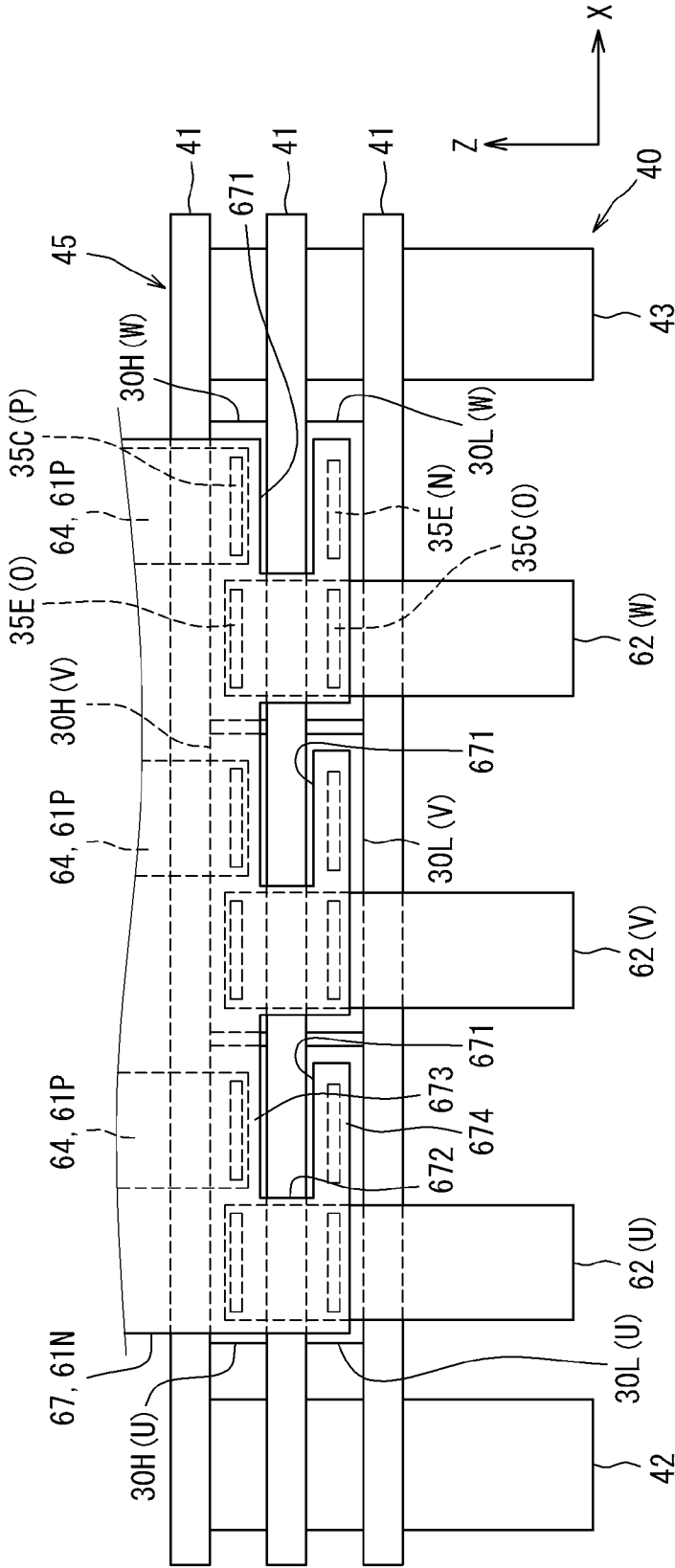


[図9]



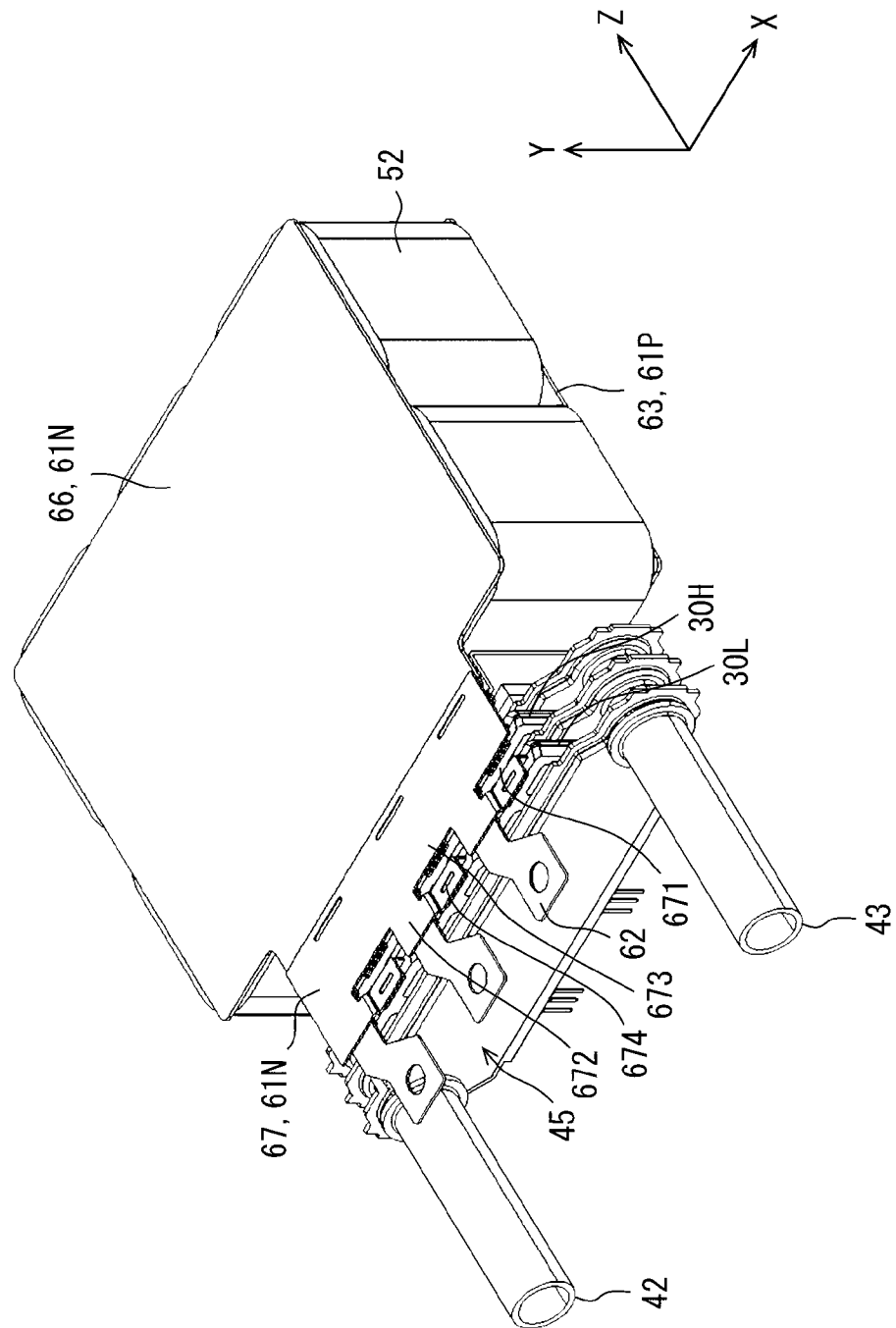
[図11]

図11



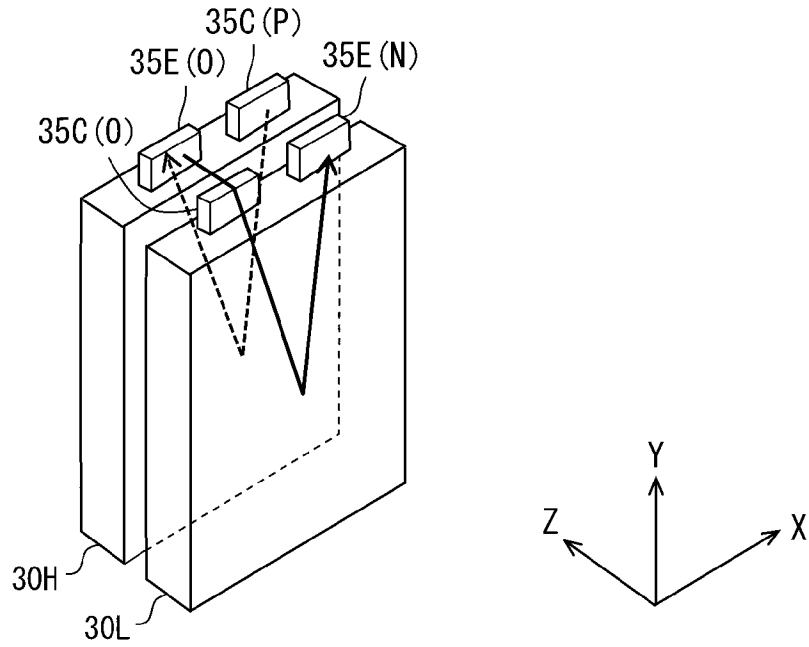
[図13]

図13



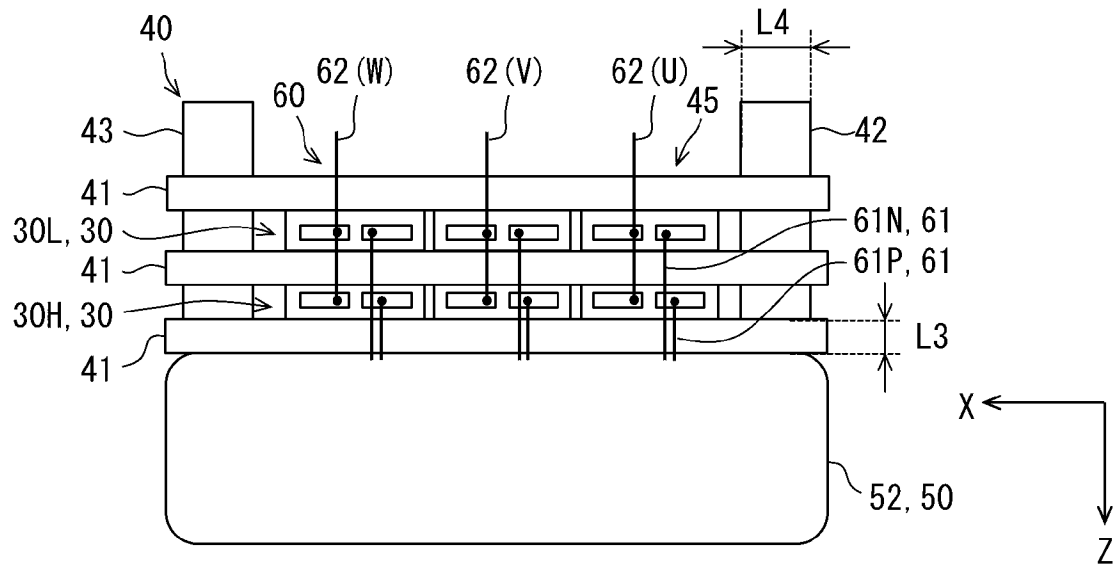
[図14]

図14



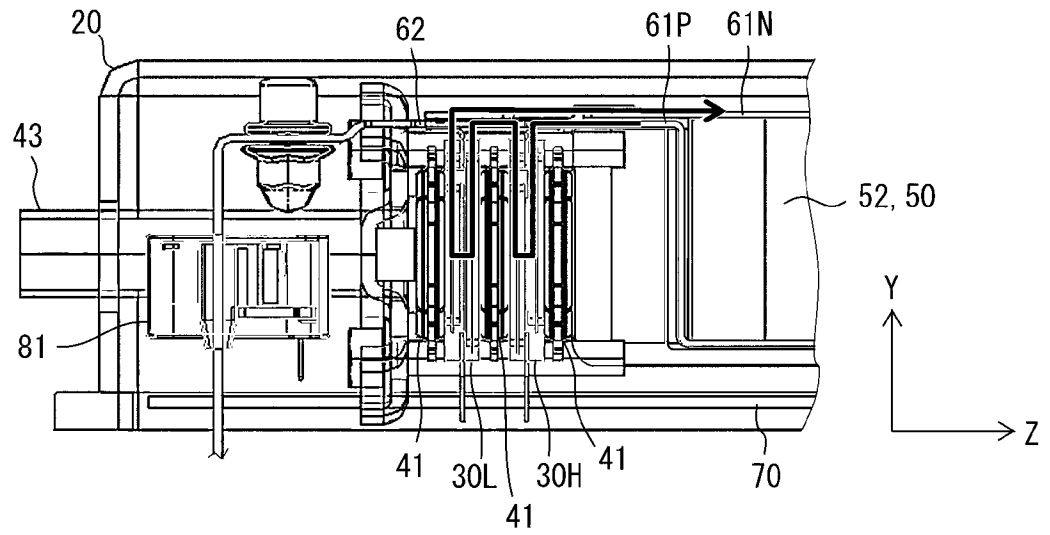
[図15]

図15



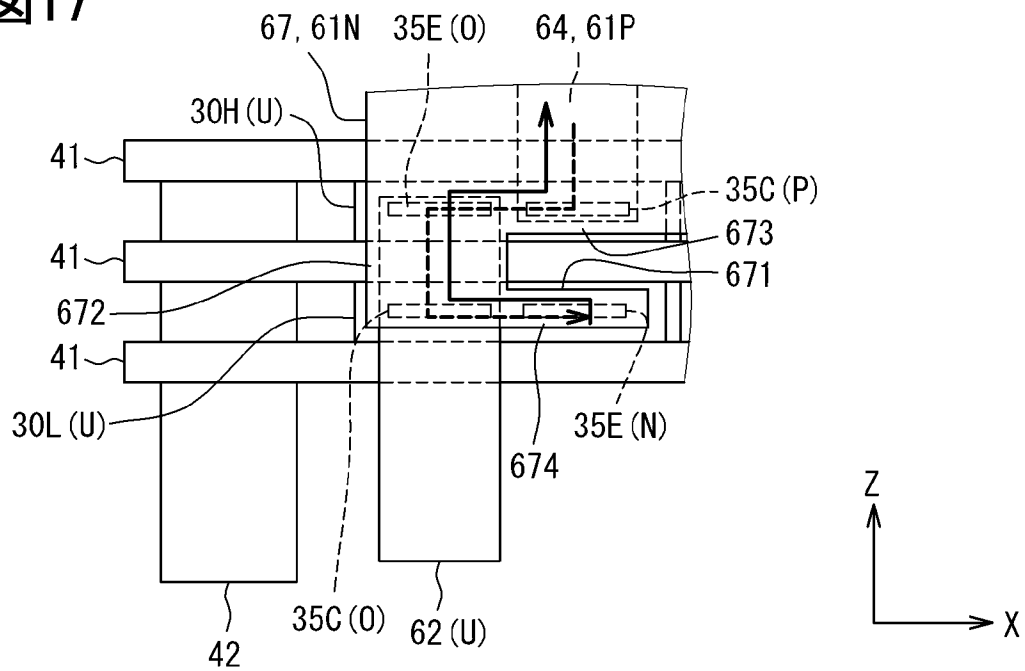
[図16]

図16



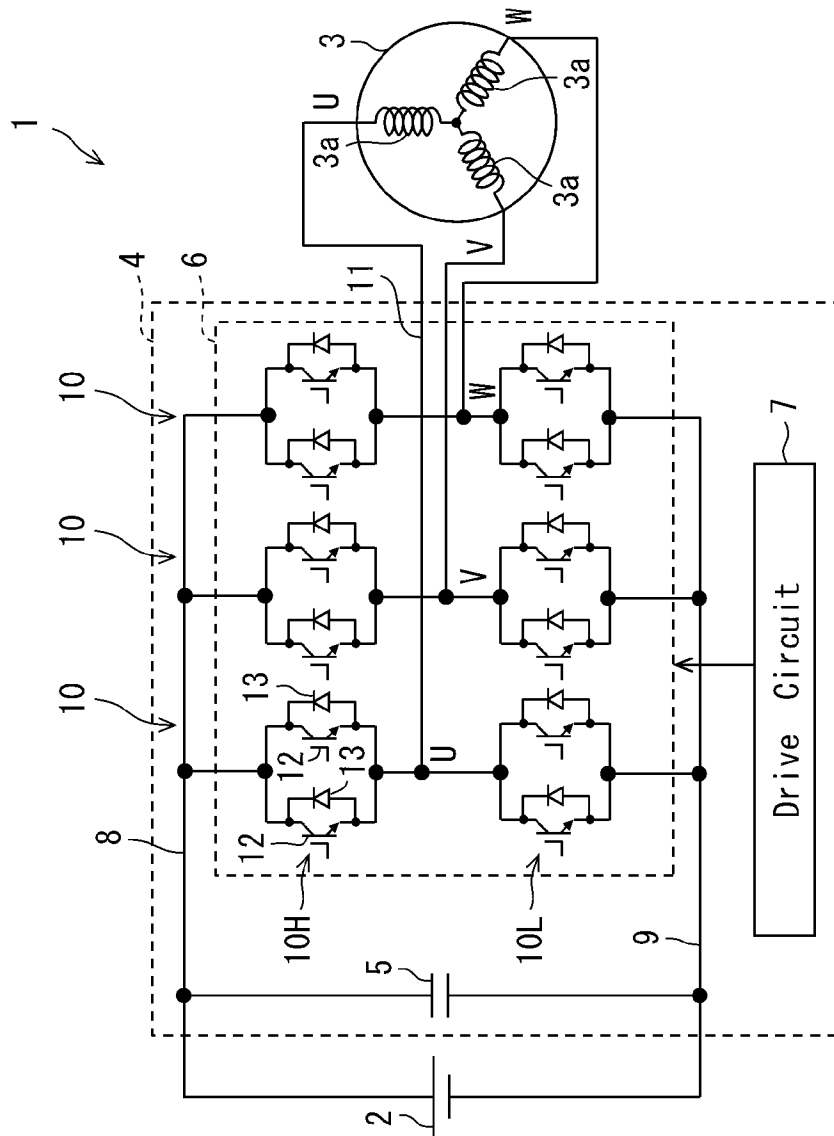
[図17]

図17



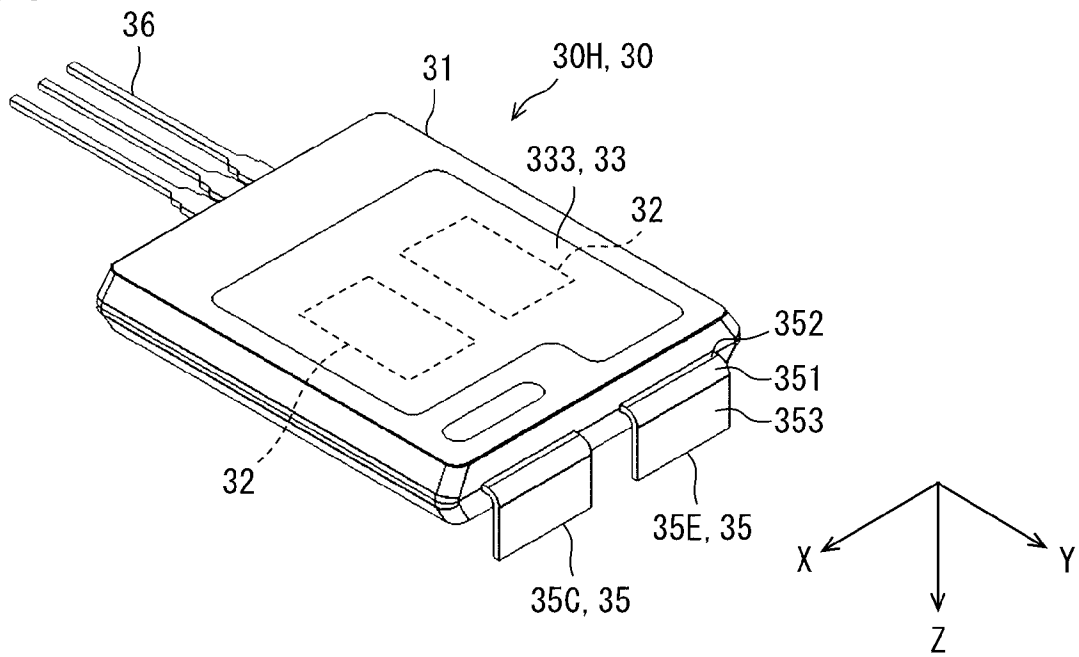
[図18]

図18



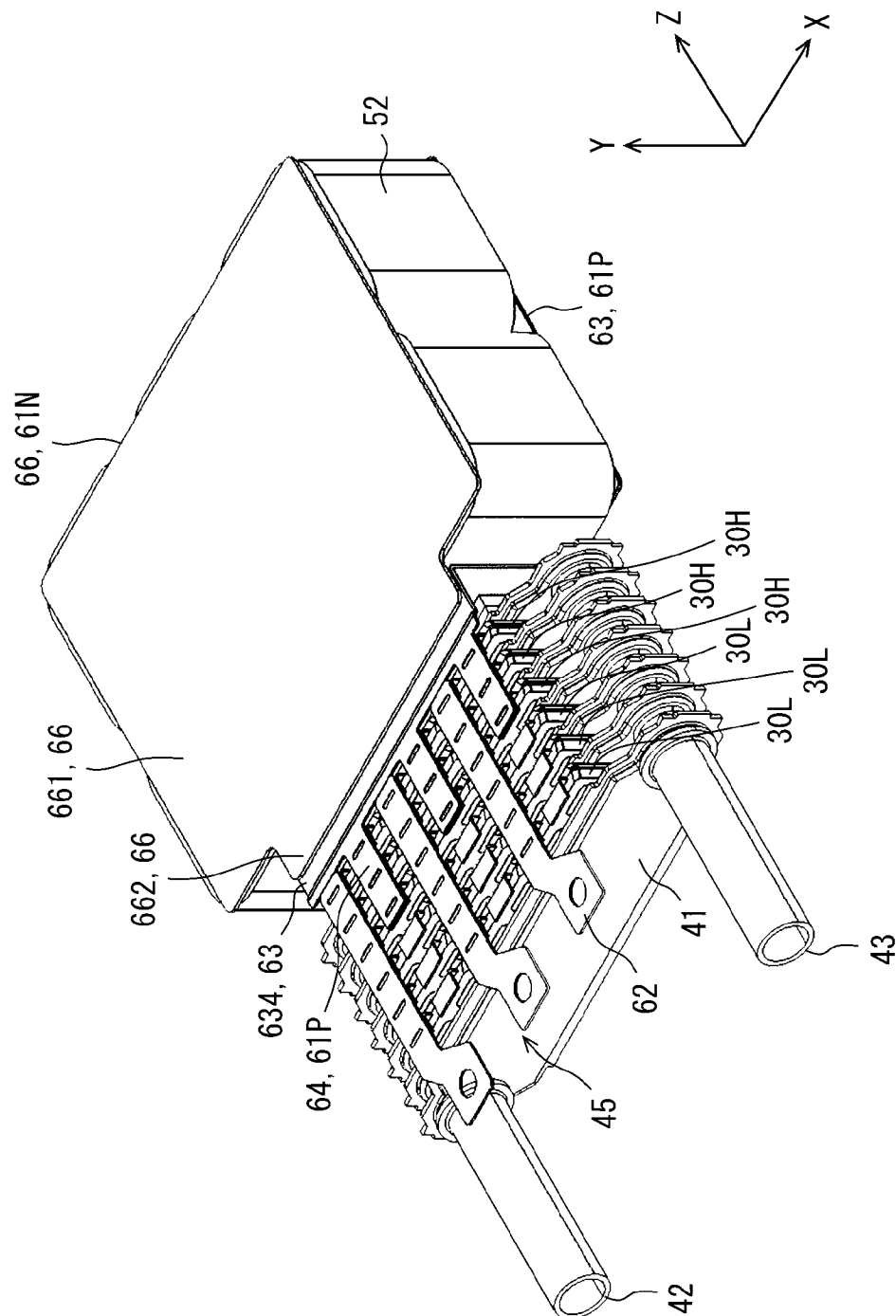
[図19]

図19



[図21]

図21



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/033303

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02M 7/48**(2007.01)i

FI: H02M7/48 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-139270 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 30 July 2015 (2015-07-30)	1
A	paragraphs [0030]-[0043], fig. 1-3	2-10
X	JP 2014-90538 A (DENSO CORP.) 15 May 2014 (2014-05-15)	1
A	paragraphs [0019]-[0025], fig. 1, 2	2-10
X	JP 2017-169398 A (DENSO CORP.) 21 September 2017 (2017-09-21)	1
A	paragraphs [0013]-[0023], fig. 2, 6	2-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 October 2022

Date of mailing of the international search report

08 November 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/033303

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-139270	A	30 July 2015	(Family: none)	
JP	2014-90538	A	15 May 2014	US 2014/0118909 A1 paragraphs [0039]-[0045], fig. 1, 2	
JP	2017-169398	A	21 September 2017	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/48(2007.01)i FI: H02M7/48 Z										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02M7/48 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	JP 2015-139270 A（トヨタ自動車株式会社）30.07.2015（2015 - 07 - 30） 【0030】 - 【0043】，図1 - 3	1								
A		2-10								
X	JP 2014-90538 A（株式会社デンソー）15.05.2014（2014 - 05 - 15） 【0019】 - 【0025】，図1，2	1								
A		2-10								
X	JP 2017-169398 A（株式会社デンソー）21.09.2017（2017 - 09 - 21） 【0013】 - 【0023】，図2，6	1								
A		2-10								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 27.10.2022		国際調査報告の発送日 08.11.2022								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 栗栖 正和 5G 3987 電話番号 03-3581-1101 内線 3526								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/033303

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-139270	A	30.07.2015	(ファミリーなし)	
JP	2014-90538	A	15.05.2014	US 2014/0118909 A1	
				[0039]-[0045], 図1, 2	
JP	2017-169398	A	21.09.2017	(ファミリーなし)	